

Qualitative und quantitative
Bestimmungen des Luftkeimgehaltes
im Krankenhausbereich und in
Versuchstierstallungen sowie dessen
Beeinflussung durch ein
UV-Umluftentkeimungsgerät

Peter Rosler

1976

Digitized by the Internet Archive
in 2026

Aus dem Institut für Hygiene und Mikrobiologie
des Fachbereichs Medizin der Universität Würzburg
Vorstand: Prof. Dr. H. P. R. Seeliger
Arbeit angefertigt unter Leitung von: Prof. Dr. W. Döll
Vorgelegt über das Institut für Tierzucht und Tierhygiene
des Fachbereichs Tiermedizin der Universität München
Lehrstuhl für Tierhygiene
Vorstand: Prof. Dr. J. Kalich

Qualitative und quantitative
Bestimmungen des Luftkeimgehaltes
im Krankenhausbereich und in
Versuchstierstallungen sowie dessen
Beeinflussung durch ein
UV-Umluftentkeimungsgerät

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde
des Fachbereichs Tiermedizin
der Ludwig-Maximilians-Universität München

von

Peter Rosler

aus Almazna

München 1976



Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs
Tiermedizin der Universität
München

Dekan:	Prof. Dr. B. Vollmerhaus
Referent:	Prof. Dr. J. Kalich
Korreferent:	Priv.-Doz. Dr. J. Meyer

Tag der Promotion: 30. Juli 1976

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einleitung	3
1. 1 Einführung und Fragestellung	3
1. 2 Literaturübersicht	5
1.2.1 Luftkeime	5
1.2.1.1 Keimbeladene Partikel und Keimquellen	5
1.2.1.2 Übertragung von Infektionen durch die Luft	7
1.2.1.3 Nachweis von Luftkeimen	8
1.2.1.4 Höhe des Keimpegels und qualitative Zusammensetzung der Luftflora in verschiedenen Räumlichkeiten	9
1.2.2 Bekämpfung der Luftkeime	12
1.2.2.1 Desinfektionsmittel, Lüftung, UV-Strahlen	12
1.2.2.2 Wirkung und Erzeugung von UV-Strahlen	14
1.2.2.3 Bakterizidie der UV-Strahlen und dafür erforderliche Bestrahlungsdosen	16
1.2.2.4 Anwendungsformen der UV-Strahlen zur Keimabtötung	18
1.2.2.5 Beeinflussung der UV-Bakterizidie	19
1.2.2.6 Einfluß der UV-Strahlen auf die Luftflora	20
2. Eigene Untersuchungen	24
2.1 Material und Methodik	24
2.1.1 Der Slit-Sampler	24
2.1.2 Das UV-Umluftentkeimungsgerät (SUG)	25
2.2 Beschreibung der untersuchten Räume	27
2.2.1 "Verbrennungszimmer"	27
2.2.2 Mikrobiologisches Laboratorium	28

	Seite
2.2.3 Mäuse-Versuchstierstall (nichtklimatisiert)	29
2.2.4 Meerschweinchen-Versuchstierstall (klimatisiert)	30
2.3 Differenzierung der Luftkeime	34
2.3.1 Verwendete Nährböden	34
2.3.2 Exponierung der Nährböden	35
2.3.3 Auswertung der bebrüteten Nährböden	36
2.4 Ergebnisse der Vorversuche	36
2.5 Ergebnisse der Untersuchungen (Keimpegel und Zusammensetzung der Luftflora vor und nach Benützung des SUG) im:	40
2.5.1 "Verbrennungszimmer"	40
2.5.2 Mikrobiologischen Laboratorium	48
2.5.3 Mäuse-Versuchstierstall	55
2.5.4 Meerschweinchen-Versuchstierstall	66
2.6 Vergleichende Übersicht und statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse	75
3. Diskussion	75
4. Zusammenfassung	84
5. Literaturverzeichnis	89
6. Lebenslauf	96

1. Einleitung

1.1 Einführung und Fragestellung

In jüngster Vergangenheit haben unglückliche Ereignisse in verschiedenen Krankenanstalten, OSTERTAG(60) führt z.B. Gasödem-Infektionen auf, mitdringlicher Deutlichkeit aufgezeigt, daß die bakterielle Belastung der Raumluft in Risikoeinheiten von Krankenhäusern ein ernstes Problem der Krankenhaushygiene darstellt. Darauf ist im Zusammenhang mit Klimaanlageanlagen und auf anderen technischen Teilgebieten auch in der Bundesrepublik Deutschland mit entsprechenden wissenschaftlichen Untersuchungen und Veröffentlichungen reagiert worden. So wiesen u.a. EDELMAYER (15), GRÜN und PITZ (28), GUNDERMANN (31), HOFFMANN (38), KANZ (47), RECKZEH und DONTENWILL(64), WANNER (72) darauf hin, alle mit dem Ziel, das Infektionsrisiko weitestgehend zu verhindern.

Eine Möglichkeit dazu bietet die Anwendung ultra - violetter (UV) Strahlen, deren keimabtötende Wirkung nach RAJEWSKY (62) seit langem bekannt ist. Sie werden insbesondere zur Raumausstrahlung mit vielen technologischen Varianten benutzt, neuerdings wird von GRÜN und PITZ (28), MATZ und SCHASSEN (56) auch ihre Verwendung in den Luftführungskanälen von Klimaanlageanlagen diskutiert.

Ein neu entwickeltes UV-Umluftentkeimungsgerät^x könnte insbesondere dort benutzt werden, wo finanzielle Gründe oder räumliche Gegebenheiten dem stationären

^xSterisol-Umluftentkeimungsgerät^R (im folgenden als SUG bezeichnet), Hersteller Firma Original Hanau Quarzlampen GmbH.

Für die Überlassung des Gerätes zur Durchführung der Untersuchungen sei an dieser Stelle der Firma Original Hanau und dem Außendienstmitarbeiter, Herrn Ing. Pöschel, gedankt.

Einbau von größeren Strahlereinheiten bzw. dem Bau von Klimaanlage im Wege stehen. Erste mikrobiologische Grundlagenuntersuchungen über dieses Gerät wurden von KANZ (47) durchgeführt.

Bisherige Berichte befassen sich hauptsächlich mit der Höhe des Keimpegels in der Luft verschiedener Räumlichkeiten und dessen Beeinflussung durch UV-Strahlen. Über die qualitative Zusammensetzung der Luftflora vor und nach Anwendung von UV-Strahlen werden aber nur wenige Angaben gemacht. Daher schien es angebracht, die Luftflora im Krankenhausbereich eingehender zu differenzieren.

In Anbetracht der krankenhaushygienischen Bedeutung des bakteriellen Keimgehaltes der Raumluft versucht die vorliegende Arbeit einen Beitrag zu Fragen dieses Problemenkreises zu leisten, nämlich:

1. Wie verändert das SUG quantitativ und qualitativ den Keimpegel der Luft in einem
 - a. "Verbrennungszimmer" ("Verbrennungszimmer" in der septischen Intensivstation der Chirurgischen Universitätsklinik, Würzburg)
 - b. mikrobiologischen Laboratorium (Varia-Laboratorium im Institut für Hygiene und Mikrobiologie der Universität Würzburg)
 - c. nichtklimatisierten Versuchstierstall (Mäuseversuchstierstall im Institut für Hygiene und Mikrobiologie der Universität Würzburg)
 - d. klimatisierten Versuchstierstall (Meerschweinchenstall im Versuchstiertrakt der Neurologischen Universitätsklinik Würzburg)
2. Kann das SUG aufgrund der experimentellen Befunde bewertend beurteilt werden?

1.2 Literaturübersicht

1.2.1 Luftkeime

Die Luft besteht nicht nur aus einem Gasgemisch, sondern sie enthält auch sichtbare und unsichtbare Partikel wie Staub, Pollen und Mikroorganismen. Nach GREGORY (26) hängt ihre Konzentration von den geographischen Verhältnissen, dem Klima, Bodenbeschaffenheit und -nutzung, Luftströmungen, aber auch von den Sammel- und Untersuchungsmethoden ab. Nach HETTCHE (35) wird innerhalb geschlossener Räume der Gehalt der Luft an Partikeln von der Anzahl und Tätigkeit der Personen oder Tiere sowie Lüftung und hygienischem Standard bestimmt.

Nach GREGORY (26) enthält die Luft keine von den Mikroorganismen verwertbaren Nährstoffe, sie können sich daher in der Luft nicht vermehren, ihr Aufenthalt ist nur passager. Die meisten Mikroorganismenarten in der Luft sind harmlose Saprophyten, doch kommen auch, je nach Ausscheidungsquelle, pathogene Keime vor. Sie spielen bei der Übertragung von Krankheiten eine nicht zu unterschätzende Rolle.

1.2.1.1 Keimbeladene Partikel und Keimquellen

Nach WELLS (73) kommen in der Luft drei verschiedene Formen keimbeladener Partikel vor:

1. Staubpartikel sind die häufigsten und animalischer oder vegetalischer Herkunft. Wegen ihrer Größe sedimentieren sie bald, können aber leicht wieder aufgewirbelt werden. Meist sind sie mit saprophytären Keimen beladen. Vom hygienischen Standpunkt aus sind sie leicht kontrollierbar.

2. Tröpfchen (nuclei) sind biologischer oder physikalisch-chemischer Natur. Je nach Größe schweben (0,1 mm) oder sedimentieren (1 mm) sie. Nach JENNISON (41) werden z. B. beim Niesen rund 20.000 Tröpfchen, 50% davon mit Keimen beladen, ausgeschieden. Hygienisch sind sie leicht, z. B. durch Taschentuchbenützung, kontrollierbar.

3. Tröpfchenkerne (droplet nuclei) entstehen infolge Verdunstung der Tröpfchen. Ihre Lebensdauer ist lang und sie werden durch Luftströmungen weit verbreitet. In feuchter Atmosphäre ist ihre Menge geringer als in trockener.

GUNDERMANN (29) gibt als mögliche Quellen bakterieller Luftverunreinigung an:

1. Mangelhafte Grundsauberkeit.
2. Einströmen keimhaltiger Luft bei konventioneller Lüftung oder durch die Klimaanlage.
3. Freisetzung von Keimen durch Personen (Patienten und Personal) im Raum.
4. Freisetzung von Keimen durch krankenhaustechnische Geräte.

Die meisten Mikroorganismen können in ausgetrocknetem Zustand erstaunlich lange überleben. LAURELL et al. (52) wiesen Streptokokken im Staub noch nach 44 Tagen und in Baumwolle nach 53 Tagen nach. GUNDERMANN (30) gab für Klebsiellen im Staub Überlebenszeiten bis zu 2 1/2 Jahren, in Abhängigkeit von der relativen Luftfeuchtigkeit, an; für Escherichia coli und Pseudomonas aeruginosa 1 bis 2 1/2 Jahre, für Staphylokokken 1/2 Jahr.

KANZ (45) mißt dem Staub als Bakterienträger eine wichtige Rolle zu, GERHARDT (20) fand eine positive Korrelation des Luftkeimgehaltes und des Staubgehaltes der Luft. MERRICORN (57) stellte hingegen keine Korrelation des Keim- und des Staubgehaltes der Luft fest.

Nach HETTCHE (35) wird die Bewegung der Mikroorganismen in der Luft eines Raumes hauptsächlich von den durch Temperaturunterschiede der Luft bedingten Konvektionsströmen verursacht. Die Brown'sche Molekularbewegung hingegen und die Gravitation sollen infolge der kleinen Masse der Mikroorganismen eine geringere Bedeutung haben, nur größere Staubteilchen sedimentieren.

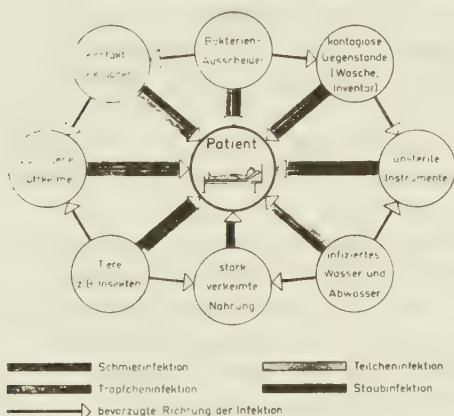
HETTCHE (35), ECKHARDT (14) und GUNDERMANN (29) fanden eine direkte Proportionalität der Gesamtkeimzahlen in der Luft und der Anzahl und Bewegung der Personen im Raum.

1.2.1.2 Übertragung von Infektionen durch die Luft

Nach WELLS (73) wird die Übertragung von Infektionen auf dem Luftwege durch folgende Tatsachen bedingt: beim Husten und Niesen werden Tröpfchen ausgesprüht, die Mikroorganismen enthalten. Die meisten Tröpfchen verdunsten (in Abhängigkeit von Größe, relativer Luftfeuchte und Luftströmungen), die Mikroorganismen schweben weiter in der Luft und können auf infektiösfähiges Material treffen. Nach KUHLEKAMP (51) sind weitere Keimquellen auch Haut, Haar, Ausscheidungen (Stuhl, Eiter, Blut) von Mensch und Tier und der Staub.

In Abb. 1 werden mögliche Infektionsquellen aufgeführt.

Abb. 1: Der infektbedrohte Patient
nach EDELMEYER (15)



GUNDERMANN (29) gab folgende Kriterien für das Zustandekommen einer Infektion durch Luftübertragung von Keimen an:

1. Der Keim muß die Möglichkeit haben, in die Umwelt zu gelangen und in die Luft verstreut zu werden.
2. Er muß die Fähigkeit haben, in der Luft zu überleben und virulent zu bleiben, bis er auf einen geeigneten Nährboden gelangt.

3. Der Keim muß an ein Partikelgebunden sein, dessen Beschaffenheites ermöglicht, in oder auf einen Wirtsorganismus zu gelangen.
 4. Ein geeigneter Empfänger muß vorhanden sein, bei dem sich der Keim vermehrt und der erkranken kann.
 5. Die Anzahl der Keime, die den Wirtsorganismus erreichen, muß hinreichend groß sein.
- Die Kriterien 1 und 5 hängen vom Verhalten und den hygienischen Maßnahmen ab.

1.2.1.3 Nachweis von Luftkeimen

Die Miasmentheorie der Entstehung und Übertragung von Krankheiten stammt noch von den Römern. Nach GRÜN (27) wurde das Vorkommen von Keimen in der Luft schon 1750 vermutet; die Erforschung der Luft als Überträger von Keimen begann schon in den Anfangszeiten der bakteriologischen Ära.

Dadie aerogen verbreiteten Infektionen meist in den Luftwegen lokalisiert sind, wurde die Übertragung durch frische Tröpfchen oder durch Staubkeime vermutet. 1830 wurden Pilzsporen in den atmosphärischen Niederschlägen nachgewiesen. Die ersten Methoden zum Nachweis von Luftkeimen wurden entwickelt: die Luft wurde durch Baumwolle filtriert, durch ein Röhrchen mit Nährlösung geleitet, durch einen Filter auf eine klebrige Platte gesaugt oder die Luftkeime sedimentierten auf feste Nährböden. BOURDILLON und LIDWELL (8) konstruierten den ersten Schlitzsammler.

HURTIENNE (39) gab als heute verwendete Verfahren zur Ermittlung der Luftkeime folgende an:

1. Sedimentation der Luftkeime auf feste Nährbodenoberflächen ohne und mit Bestimmung des Luftvolumens (z. B. freie Aufstellung im Raum nach ROBERT KOCH oder Exponierung der Nährbodenplatten in geschlossenen Röhren oder Zylindern mit bekanntem Rauminhalt für eine bestimmte Zeit)
2. Durch Beschleunigen der Luft mittels einer Zentrifuge oder Ansaugen durch einen Schlitz werden die Partikel auf eine Nährbodenoberfläche geschleudert (Impactor-, Konimeter-, Schlitzsamplerprinzip).
3. Die Anreicherung der Keime in einer Flüssigkeit wird durch das Hindurchleiten der Luft erzielt (Luftwäscher- und Impingerprinzip).
4. Bei den Filtrationsverfahren wird die Luft durch lösliche oder unlösliche Filter durchgesaugt.

Die in der Luft nachgewiesenen Keimzahlen sind in Abhängigkeit von der Untersuchungsmethode verschieden. Nach GRÜN (27) ermöglicht keines der angegebenen Verfahren einen optimalen Luftkeimnachweis.

1.2.1.4 Höhe des Keimpegels und qualitative Zusammensetzung der Luftflora in unterschiedlichen Räumlichkeiten

Die von verschiedenen Autoren angegebenen Keimzahlen und Keimarten in der Luft sind nicht nur wegen den unterschiedlichen Ermittlungsmethoden sondern auch den in jedem Raum anderen mikroklimatischen Faktoren und der Anzahl und Tätigkeit der anwesenden Personen oder Tiere nur bedingt miteinander vergleichbar.

Als Beispiel werden dennoch einige Untersuchungsergebnisse angeführt:

KUHLKAMP (51) ermittelte durch KOCH'sche Sedimentationsplatten in einem klimatisierten Überdruckzimmer

für Frühgeburten 1-11 Keime/Nährbodenplatte. Die Luftflora bestand aus 25% nichthämolysierenden Staphylokokken, 12% Escherichia coli, 12% hämolysierenden Staphylokokken, 9% Streptokokken, 40% Schimmelpilze, Hefen und Farbstoffbildner, 0,5% Enterokokken, 0,3% Proteus und 0,1% Aerobacter.

EWERBECK und BRAUN (16) stellten in einem Frühgeburtenzimmer durchschnittlich 26 Kolonien/Sedimentationsplatte fest, davon 20% E.coli und 6% hämolysierende Staphylokokken.

GUNDERMANN (31) wies mit der Filtrationsmethode in einer chirurgischen Wachstation 580 Keime/m³ Luft nach. Die Flora bestand aus Staphylococcus albus, aeroben Sporenbildnern, Sarzinen und Corynebakterien. In 6-10% der Proben fand er Streptokokken, pathogene Staphylokokken, Pseudomonas aeruginosa, coliforme Keime und Klebsiella - Aerobacter.

BOURDILLON und COLEBROOK (8) wiesen in einem "Verbrennungszentrum" 0,17-0,47 Keime/m³ Luft mittels Slit-Sampler nach.

GREENE et al. (25) ermittelten in einer Klinik eine Abhängigkeit der Keimarten von der Größe der Partikel an denen sie hafteten. So fanden sie 84% der gramnegativen Stäbchenbakterien an Partikeln unter 2 µm, 50% der grampositiven Kokken an Partikeln über 6 µm und 20% an Partikeln unter 2 µm. Die Luftflora bestand aus 42% grampositiven Kokken, 19% grampositiven Stäbchenbakterien, 14% gramnegativen Stäbchenbakterien, 17% Schimmelpilzen und wenigen diphteroiden Stäbchenbakterien und Hefen.

GONZENBACH et al (23) wiesen in einer klimatisierten Behandlungsstation für Schwerverbrannte mittels Slit-Sampler durchschnittlich 50 Keime/m³ Luft nach, bei Verdandwechsel 1200, bei Reinigung 2400.

GUNDERMANN (33) fand in den einzelnen Klinikbereichen eine typische Luftflora, z.B. mehr pathogene Staphylokokken im chirurgischen Bereich.

Nach HOFFMANN (38) betragen amerikanische Keimzahl-

grenzwerte in der Luft klimatisierter Krankenhausräume: im Transplantationsbereich unter $10/\text{m}^3$, in Operationsräumen $70/\text{m}^3$, in sonstigen Räumen $300-400/\text{m}^3$.

HURTIENNE (39) ermittelte in einem $32,5 \text{ m}^3$ großen Mäusezuchtstall mit Zwangslüftung, von 450 Tieren belegt, mit Hilfe der Standard-Impinger-Methode durchschnittlich 88 Keime/l Luft. Er stellte auch eine Abhängigkeit zwischen Keimzahl und Luftfeuchtigkeit fest, bei hoher relativer Luftfeuchte war sie höher.

REIFFERSCHIED (63) wies in einem Meerschweinchenstall mit der Konimetermethode 60-80 Keime/l Luft nach.

MÜLLER und GÄRTNER (59) fanden in einem Abferkelstall mittels Slit-Sampler 387 Keime/l Luft.

MEHLHORN (57) stellte in einem Schweinezuchtstall mit einem Schlitzsammler durchschnittlich 38-74 Keime/l Luft und 38.-43.000 Staubteilchen fest.

KALICH und STARK (44) wiesen in einem $36,7 \text{ m}^3$ großen, mit 22 Ferkeln belegten, klimatisierten Stall 70.000 Keime/ m^3 Luft und in einem 30 m^3 großen, mit 34 Ferkeln belegten Stall 83.000 Keime/ m^3 Luft mittels Gelatinefiltermethode nach.

1.2.2 Bekämpfung der Luftkeime

Die Verhinderung der Keimverstreuerung und der Übertragung von Keimen durch die Luft ist ein Hauptanliegen der prophylaktischen Medizin und wird durch eine Vielzahl von Methoden angestrebt. Im Prinzip sind das die Sanierung der Keimträger, die Abtötung der Tröpfchen- und Staubkeime und die Verhinderung der Bildung und Loslösung von Staub.

1.2.2.1 Lüftung, Desinfektionsmittel, UV-Strahlen

Außer der Versprühung von Desinfektionsmitteln, GRUN (27) verwendete Triäthylenglykol, ECHARDT (14) Glykol und Ozonid, KUHLEKAMP (51) Triäthylenglykol, Kresole, Xylenole, können zur Keimreduzierung in der Luft auch weniger aufwendige Methoden wie UV-Strahlen oder gar die Lüftung angewendet werden.

Nach BUTTICPH (10) bewirkt ein einmaliger Luftwechsel in einem Raum ein Gemisch von 36,8% der alten und 63,2% der zugeführten Luft. Ein zweiter Luftwechsel reduziert den Anteil der alten Luft auf 13,5%, ein zehnmaliger Wechsel auf 0,01% (logarithmische Abnahme bei kontinuierlicher Zufuhr, vollständigem Mischen und Entnahme einer jeweils gleichen Luftmenge).

Eine in der Luft vorhandene Bakterienpopulation wird nach WELLS (73) durch die üblichen Luftwechselraten von 1-5x/h frühestens in einer Stunde auf 1% des Ausgangswertes herab gesetzt. Höhere Luftwechsel als 6x/h rufen einen spürbaren Luftzug hervor.

ANDERSON (2) forderte für eine bakteriologisch einwandfreie Luft für jede Person 850 m³ Frischluft/h.

WARNER (72) fand bei zehnfachem Luftwechsel/h im Operationsraum 100-400 Keime/m³ Luft, bei zwanzigfachem Luftwechsel 50-200 Keime/m³ und ohne Operation 10-20 Keime/m³.

RUSSENBERGER und WÄLNER (65) wiesen bei einem zwanzigfachen Luftwechsel/h im Operationsraum eine Reduktion des Keimgehaltes der Luft von 700 auf 60 Keime/m³ nach.

GONZENBACH et al (23) stellten in einer Behandlungsstation für Schwerverbrannte bei einem zehnfachen Luftwechsel/h bei Verbandwechsel und Reinigung nach 30 min die Ausgangswerte fest.

GUNDERMANN (29) wies durch einen zehnfachen Luftwechsel/h im Rattenstall eine 50-80%ige Keimreduzierung nach. Bei geringer Sauberkeit fand er eine Erhöhung der Keimzahl.

DIN 1946/4, 1963, "Lüftung in Krankenanstalten", fordert in Räumen für Frischoperierte einen 5-8fachen Luftwechsel/h, Feinstaubfilterung der Luft (Partikel von 1-10 µm Größe sollen zurückgehalten werden), einen Geräuschpegel von maximal 30 DIN-Phon, eine Durchschnittstemperatur von 23° C und 35-60% relative Luftfeuchte.

Im Neuentwurf der DIN 1946, "Gelbdruck" 1974, ist auch Feinstaubfilterung aufgeführt (Partikel bis 1 µm sollen zurückgehalten werden).

Die Gesellschaft für Versuchstierkunde (22) forderte 1974 für Meerschweinchenlaboratorien einen 15-20fachen Luftwechsel/h, durchschnittlich 22° C und 55% relative Luftfeuchte.

Eine der, richtig angewandt, wirksamsten Methoden zur Reduzierung der Luftkeime sind die UV-Strahlen.

Nach HETTCHE (35) entspricht die direkte UV-Bestrahlung der Raumluft einem 100fachen Luftwechsel.

1.2.2.2 Wirkung und Erzeugung von UV-Strahlen

Schon die Ägypter, Griechen und Römer kannten und wendeten die vorbeugende und heilende Wirkung des Sonnenlichtes an. Nach RAJEWSKY (62) wurde 1666 entdeckt, daß das weiße Sonnenlicht eine Mischung aus farbigen Lichtern ist. 1801 wurden die unsichtbaren UV-Strahlen durch die von ihnen hervorgerufene Schwärzung von Silberchlorid entdeckt. Nach Erfindung der Elektrizität dienten die Quecksilberniederdruck- und -hochdrucklampen als Lichtquelle und waren dem früher dazu verwendeten Lichtbogen zwischen Kohlenelektroden im Bezug auf Lichtausbeute und Haltbarkeit überlegen. Das Nebenprodukt UV-Strahlen wurde jedoch als störend empfunden, und so wurden diese Lampen nach Erfindung der Wolframglühbirne nicht mehr als Lichtquelle verwendet. Nach MEYER und SEITZ (58), RAJEWSKY (62) wurden sie aber in Form der "Höhen-sonne" und der Quecksilberdampfdrucklampe als medizinische UV-Strahler weiterverwendet und propagiert.

Neben der krankheitsvorbeugenden und -heilenden Wirkung wurde nach MEYER und SEITZ (58) bereits 1877 die keimtötende Wirkung des Sonnenlichts festgestellt. 1887

werden die Sonnenstrahlen als billigstes Desinfektionsmittel angegeben und sollen auch zur Entkeimung von Operationsräumen dienen.

1916 galten Entzündungserregung, Pigmentierung der Haut und Bakterizidie als Hauptwirkungen der UV-Strahlen. 1919 wurde erstmals die Rachitis durch UV-Strahlen geheilt und seitdem sind die sog. Quarzlampen aus Therapie,

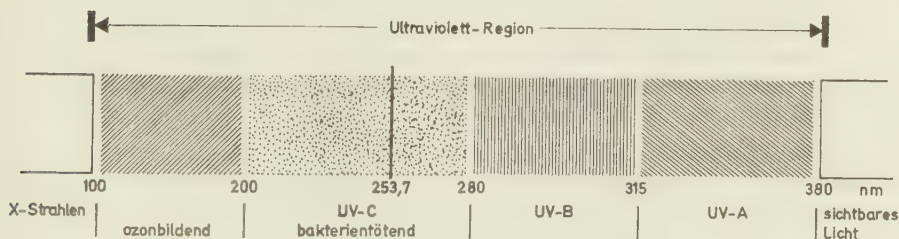
Forschung und Technik nicht mehr wegzudenken. Nach MEIER und SEITE (58) werden auch heute noch ständig neue Anwendungsgebiete für diese Lampen in Diagnostik und Industrie gefunden (Photoeffekt, Fluoreszenz, Phosphoreszenz, Desinfektion).

Die UV-Strahlen breiten sich im leeren Raum geradlinig mit Lichtgeschwindigkeit aus. Treffen sie auf einen Körper, so wird ein Teil der Strahlen absorbiert und ein Teil reflektiert. Diese Eigenschaft wird in der Praxis durch Anwendung von Reflektoren genutzt, um die UV-Strahlen, die von der Lampe in alle Richtungen abgegeben werden, in eine Richtung zu lenken.

Die Bestrahlungsstärke (Energie $\times$ sec/cm² in Watt/cm² gemessen) nimmt umgekehrt proportional dem Quadrat der Entfernung von der Strahlenquelle ab.

Die UV-Strahlen des Sonnenlichtes werden oberhalb 25-50 km in der Erdatmosphäre vom Sauerstoff absorbiert und gestreut, Ozon wird gebildet, und nur 1% gelangt auf die Erdoberfläche.

Abb. 2: Spektrum der UV-Strahlung
nach COBLENTZ (11)



Zur künstlichen Erzeugung von UV-Strahlen wird die Strahlung elektrisch angeregter Gase verwendet. Die Quecksilberentladung erzeugt die intensivsten Strahlen im gesamten UV-Spektrum. Je nach Dampfdruck des Quecksilbers werden Niederdruck- (0,01-10 torr) und Hochdruckstrahler (über 100 torr) unterschieden. Die Hochdruckstrahler senden ein gelblicheres Licht aus und sind zur Keimabtötung wegen der geringen Bestrahlungsstärke bei 254 nm nicht zu gebrauchen. Bei der Quecksilberniederdruckentladung bei niedriger Stromstärke werden 95% der Strahlen auf der Wellenlänge 254 nm abgegeben, Ozon wird nicht gebildet.

Nach WALLHÄUSER und SCHMIDT (70) besitzen die UV-Strahlen nur eine geringe Penetrationsstärke. So vermögen sie normales Fensterglas, einen Wasserfilm von über 1 mm Dicke, geringe Staubmengen nicht zu durchdringen. Dünnes Bergkristall und Quarzglas durchdringen sie jedoch, und diese Eigenschaft wird bei der Herstellung der UV-Brenner berücksichtigt.

1.2.2.3 Bakterizidie der UV-Strahlen und dafür erforderliche Bestrahlungsdosen

Von den vielfältigen biologischen Wirkungen der UV-Strahlen hat die Bakterienabtötung eine unmittelbare praktische Bedeutung.

Nach MEYER und SEITZ (58) ist die Empfindlichkeit der einzelnen Mikroorganismenarten gegenüber UV-Strahlen unterschiedlich. Im allgemeinen sind pathogene Bakterien empfindlicher als nichtpathogene; Schimmel- und Sproßpilze, aerobe Sporenbildner und Farbstoffbildner sind am widerstandsfähigsten.

Die in Tab. 1 angegebenen unterschiedlichen, für die Abtötung von Mikroorganismen nötigen Bestrahlungsdosen sind u.a. vermutlich auch verschiedenen Testbedingungen zuzuschreiben.

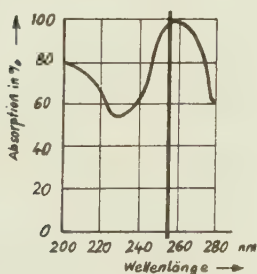
Die prozentuale Zahl der abgetöteten Bakterien ist nicht der Bestrahlungsdosis proportional, mit steigender Dosis nimmt sie jedoch zu. Eine 10-20fache Dosis für die Abtötung von 10% der Bakterienpopulation tötet 100% ab.

HETTICHE (35) kann jedoch für die Bakterientötung keinen Schwellenwert angeben, die kleinste Dosis genügt schon, um zufällig den einen oder anderen Keim abzutöten (Treffertheorie). Bei großer Bakteriendichte entgehen einige Keime auch bei höchsten Bestrahlungsdosen der Abtötung.

Nach MEYER und SLITZ (58) ist die bakterizide Wirkung der UV-Strahlen bei Wellenlängen von 250-270 nm am größten, das Maximum liegt bei 265 nm. Für die Abtötung von 90-100% der Mikroorganismenpopulation sind im allgemeinen Dosen von 2-6 und 7-44 mWsec/cm² nötig. Geringere Dosen oder eine größere Entfernung vom Brenner setzen für die bakterizide Wirkung eine längere Expositionsdauer voraus.

In Abb.3 zeigt die Eiweißabsorptionskurve der UV-Strahlen bei 253,7 nm ein Maximum.

Abb.3: Eiweißabsorptionskurve der UV-Strahlen nach HETTICHE (35)



Nach FAHR (19) werden bei der UV-Bestrahlung biologischer Objekte 4 Prozesse nacheinander durchlaufen: Absorption eines Lichtquants --- Anregung des absorbierenden Moleküls --- photochemische Reaktion des angeregten Moleküls --- biologischer Effekt. Dabei werden in den Nukleinsäuren Dimere der Purin- und Pyrimidinbasen in Abhängigkeit von Sauerstoff gebildet.

Nach FETRAS und ULLRICH (61) verhindert eine solcherart geschädigte DNS die Zellteilung und somit weitere Vermehrung der noch lebenden Bakterien. Der Vorgang ist jedoch reversibel. Durch photochemische Reaktivierung (d.h. Bestrahlung mit sichtbarem Licht) werden z.B. die Pyrimidindimere wieder getrennt. Nach JAWETZ et al. (40) kann auch eine "Reparatur im Dunkeln" erfolgen, dafür werden vier verschiedene Enzyme benötigt.

Die unterschiedliche Resistenz der verschiedenen Bakterienarten und -stämme gegenüber UV-Strahlen kann also u.a. Ausdruck der unterschiedlichen Wirksamkeit ihrer Reparatursysteme sein.

Die infraroten Strahlen wirken im Sinne der Keimabtötung durch UV-Strahlen antagonistisch.

1.2.2.4 Anwendungsformen der bakteriziden UV-Strahlen

In der Luft schwebende Bakterien können mit großem Erfolg, wie vielfach experimentell nachgewiesen wurde, durch UV-Strahlen angegriffen werden.

Nach MEYER und SEITZ (58) ist dabei die wirksamste Methode, die Übertragung von Infektionen auf dem Luftwege zu verhindern, die gesamte Luft in einer Aufbereitungsanlage ständig an UV-Strahlern vorbeizuführen. Nach einem ähnlichen Prinzip funktioniert auch das Sterisol-Desinfektionsgerät.

Andere Möglichkeiten werden durch die Benützung sog. UV-Lichtschranken sowie direkter und indirekter Bestrahlung der Luft durch Hängestrahler gegeben.

1.2.2.5 Beeinflussung der UV-Bakterizidie

Die bakterizide Wirkung der UV-Strahlen wird durch eine Reihe verschiedener Faktoren beeinflusst.

1. In der Teilungsphase sind die Mikroorganismen infolge der hohen DNS-Konzentration am empfindlichsten.
2. Da die Strahlenstärke dem Quadrat der Entfernung von der Strahlenquelle umgekehrt proportional ist, sind zur Keimabtötung in größerer Entfernung vom Brenner längere Zeiten erforderlich. Dieser Nachteil kann aber durch Luftströmungen, welche die Keime näher an die UV-Lampe heranbringen, aufgehoben werden.
3. Die relative Luftfeuchtigkeit hat einen unterschiedlich bewerteten Einfluß auf die UV-Bakterizidie. Nach HETTCHE (35) soll feuchte Luft die Bakterien schützen, bei 0% relativer Luftfeuchte soll die prozentuale Abtötung der Bakterienpopulation in der Luft 10 mal so groß sein wie bei 100%. Nach JUNGE (42) soll der die Keime bei hoher Luftfeuchtigkeit umgebende "Flüssigkeitsmantel" die UV-Strahlen brechen und deren Konzentrierung verhindern. Die trockenen Bakterien dagegen sollen die UV-Strahlen zum Mittelpunkt hin brechen und konzentrieren. HOFFMANN und RICHTER (37) erklärten den höheren Luftkeimgehalt bei hoher Luftfeuchtigkeit durch den verbesserten Keimnachweis infolge "Quellung" der Mikroorganismen. GORDON (24) hingegen stellte eine Verminderung der Keimzahl bei Erhöhung der relativen Luftfeuchte fest. DUNKLIN und PUCK (13) wiesen die höchste Sterblichkeit der Mikroorganismen in unbestrahlter Luft bei einer relativen Luftfeuchte von 50% nach, bei höherer und niedriger Luftfeuchtigkeit sollen die Mikroorganismen länger überleben.
4. EISNER (17) stellte bei 37°C eine höhere Keimabtötung durch UV-Strahlen als bei 20°C fest.
5. Die Größe des Raumes, die Anordnung der Strahlenquelle im Raum und die bioklimatischen Bedingungen spielen auch eine wichtige Rolle.

1.2.2.6 Einfluß der UV-Strahlen auf die Luftflora

Bei der Luftentkeimung durch UV-Strahlen kommen drei Prinzipien zur Anwendung. Bei der Abklingmethode (direkte UV-Raumausstrahlung, SUG, aber auch nur Lüftung) sollen die Luftkeime kontinuierlich entfernt werden. Bei der Verdünnungsmethode (indirekte UV-Raumausstrahlung) sollen in der oberen Raumhälfte die Keime abgetötet werden. Die Gleichgewichtsmethode ist eine Abwandlung der Verdünnungsmethode, in der oberen Raumhälfte sollen soviele Keime abgetötet wie in der unteren ausgeschieden werden.

Nach TOLON und BOTZENHARDT (66) wurden die UV-Strahler bereits 1936 in amerikanischen Krankenhäusern eingeführt.

Um überhaupt durch UV-Strahlen eine Luftentkeimung zu erzielen, forderte COBLENTZ (11) eine minimale Bestrahlungsstärke von $100 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ in 1 m Entfernung von der Strahlenquelle. Das Council of Physical Medicine (4) in den USA betrachtete $20 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ als minimale Bestrahlungsstärke.

Ein ausreichender Schutz des unter der Einwirkung von UV-Strahlen arbeitenden Personals oder der anwesenden Tiere ist wegen den nach längerer Einwirkungszeit eintretenden Erythemen und Conjunctivitiden nötig. Bei direkter UV-Raumausstrahlung sind Augen- und Hautschutz des Personals unerlässlich, die Anwesenheit von Tieren ist jedoch mangels möglicher Schutzmaßnahmen unmöglich. Andere Anwendungsmöglichkeiten der UV-Strahlen, von MEHLHORN (57) angeführt, betrifft dies nicht.

Eine direkte UV-Ausstrahlung des Raumes während der Nacht z.B. tötet zwar eine Vielzahl von Keimen ab, wenn der Brenner aber bei Dienstbeginn ausgeschaltet wird, stellt sich nach kürzester Zeit wieder die vorherige Keimdichte ein.

Die indirekte UV-Luftbestrahlung der oberen Raumhälfte erfordert nur nichtreflektierende Wandanstriche oder Beläge.

Das Council of Physical Therapy (3) in den USA forderte bei einem achtstündigen Aufenthalt von Personal unter UV-Bestrahlung eine maximale Bestrahlungsstärke von $0,5 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, bei 24stündigem Aufenthalt $0,1 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Bei diesen Werten ist die Keimabtötung nicht gewährleistet und daher sind bei höheren Bestrahlungsstärken ausreichende Schutzmaßnahmen zu beachten.

ECKHARDT (14) fand bei Anwendung von UV-Strahlen im Krankenhaus eine Reduzierung der Keimzahlen, die allerdings der einer gleichzeitigen Glykolverdampfung und UV-Bestrahlung der Luft unterlegen war.

KUHLKAMP (51) wies in vergleichbaren Frühgeburtenzimmern bei UV-Bestrahlung der Raumluft eine 90%ige Keimreduktion nach. Selbst beim Windeln fand er noch geringere Keimzahlen als die geringsten im Vergleichsraum. Die Kombination von UV-Strahlen und Triäthylenglykolvernebelung erwies sich als noch besser.

TOLON und BOTZEMHART (68) ermittelten in einer neurochirurgischen Wachstation unter experimentellen Bedingungen bereits durch die Klimaanlage eine Reduktion der Keimzahlen. Bei Anwendung von UV-Strahlen war diese noch höher. Unter praktischen Verhältnissen fanden sie jedoch keine signifikanten Unterschiede bzw. Verbesserungen der mikrobiellen Raumluftqualität.

MEHLHORN (57) fand im Schweinestall bei direkter UV-Bestrahlung der Luft eine durchschnittlich 20%ige Reduzierung der Keimzahlen, bei höheren Keimpegeln mehr und bei niedrigen weniger.

KALICH und STARK (44) wiesen im Ferkelstall durch UV-Strahlen eine 48,5%ige Keimminderung nach. Selbst bei stark verstaubten UV-Brennern fanden sie 27,1% weniger

Keime in der Luft als vorher. In einem anderen Ferkelstall ermittelten sie bei Aktivität der Ferkel 32,0 und bei ruhigem Verhalten 42,4% weniger Keime infolge der UV-Wirkung als vorher.

KANZ (47) erzielte mit Hilfe eines mit zwei UV-Strahlern bestückten Heizlüfters, der 72 m³ Luft/h umwälzte, unter Testkeimstaubvernebelung in einem 14 m³ großen Raum innerhalb von Minuten eine fast vollständige Entkeimung der Luft. Bei Anwendung des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R in einer Testkammer von 9,16 m³ erhielt er noch günstigere Ergebnisse. Er vernebelte vier Minuten lang $1,6 \times 10^7$ *Serratia marcescens*, *Salmonella*. Nach 20minütiger Wartezeit zur Sedimentierung nicht flugfähiger Partikel, ständiger Ventilierung und einer Luftumwälzung von 250 m³/h durch das Sterisol-Umluftentkeimungsgerät^R ohne UV wies er nach 30 sec UV-Strahleneinwirkung nur noch vereinzelt Festkeime, nach 7 min einen Keim nach. Die in der Publikation von KANZ (47) abgebildeten Kontrollplatten waren nach den gleichen Zeiträumen von einem Bakterienrasen bewachsen. Bei Aufstellung des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R unter gleichen Bedingungen außerhalb der Testkammer und Leitung der Luft durch das Gerät mittels Röhren konnte er in der das Gerät verlassenden Luft keine Testkeime nachweisen.

In einem 150 m³ großen Raum einer chirurgischen Intensivstation erhielt KANZ (47) eine 54%ige Keimreduktion durch das Sterisol-Umluftentkeimungsgerät^R; den Keimgehalt maß er mit einem Slit-Sampler.

Tab.1: Zur Abtötung von Mikroorganismen erforderliche
UV-Bestrahlungsdosen in mWs/cm² bei $\lambda=254$ nm

Autor und Abtötungs- rate in %	1	2	3	4 ^x	5	6	7	8	8	9	10
Mikro- organismen (Nomenklatur der Autoren)	62,3	?	95	90	?	90	62,3	62,3	95	62,3	62,3
S. aureus				49	6,6	2,1			0,3	1,10	0,06
S.albus					5,7	1,8				0,8	
Micrococcus candidus				60							
Streptococcus haemolyticus					5,5				0,6	0,9	
Streptococcus viridans					3,8	2,0			0,2	0,9	
Sarcina lutea					28	19					
Corynebacterium diptheriae						3,3				1,4	
Bacillus subtilis vegetativ		60	14		11	6,0					
Bacillus subtilis Sporen	32				22	12					
Bacillus mesentericus Sporen							4,0				
Bacillus megatherium veg.						1,1					
Bacillus megatherium Sporen						2,7					
Bacillus anthracis (vegetativ und Sporen)											
Escherichia coli	0,66	6		11	4,5					3,2	
Proteus vulgaris				17	7,0	3,00	0,8		0,4	1,00	1
Bacillus pyocyaneus				55		2,6					
Serratia marcescens				8,3	6,1		0,6			0,9	
Eberthella typhosa			7							0,9	
Shigella paradysenteriae						1,6				0,7	
Bacterium paratyphosum						3,2					
E.coli Bakteriophage					6,6						
Influenzavirus					8,8						
Saccharomyces	325		165								
Torula sphaerica								0,7	3,0		
Penicillium chrysogenum								15	69		
Chladosporium herbarum								18	81		
Rhizopus nigricans								17	34		
Aspergillus amstelodani								28	87		
Mucor mucedo								29	75		
Aspergillus niger								170	540		
Scopulariopsis brevicaulis								26	87		
Mikroorganismen aus Staub											15
Mikroorganismen aus Atemluft											0,1
Mikroorganismen aus Stall											30

Legende: 1=BUTTOLPH (10) 6=HETTICHE (35)
 2=COBLENTZ (11) 7=LEA et al.(53)
 3=DENNINGTON (2) 8=LUCKIESH et al.(54)
 4=EHRISMANN et al.(16) 9=SHARP (66)
 5=GEHRKE-MANNING (21) 10=SMITH (67)

^xBestrahlungsstärke in erg/cm²

2. Eigene Untersuchungen

2.1 Material und Methodik

2.1.1 Der Slit-Sampler

Zur qualitativen und quantitativen Prüfung der Luft-Keimflora wurde ein Slit-Sampler (Hersteller Firma Casella Ltd., London) benutzt. Er besteht aus einer Vakuumpumpe und dem eigentlichen "Sammelgerät", beide durch einen Vakuumschlauch verbunden. Die Luft wird über einen 25 x 0,3 mm engen Schlitz angesaugt und strömt komprimiert und daher mit hoher Geschwindigkeit auf die Oberfläche eines Nährbodens, der 2 mm unter dem Schlitz rotiert. Wegen der großen Auftreffenergie bleiben feste Partikel, z. B. Bakterien auf dem Nährboden haften und können dort angezüchtet werden. Da der Druck und damit das Volumen der einströmenden Luft über ein Manometer gemessen werden kann, ist die Untersuchung quantitativ durchführbar.

Technische Daten: Die Luftleistung kann auf 30 l/min mit einem Schraubventil reguliert werden. Die Umdrehungszeit des Nährbodens, das ist die Zeit in der der Nährboden 1 mal an dem Schlitz vorbeigedreht wird, kann auf 30 sec, 2 oder 5 min eingestellt werden. Zeitpunkte, die bestimmte Ereignisse kennzeichnen, können über einen Taster in die Nährboden-Oberfläche markiert werden. Da die Anzahl haftenbleibender Keime vom Aufpralldruck abhängig ist, muß der Abstand des Nährbodens vom Schlitz exakt reproduzierbar sein; das ist über einen Tastkontakt möglich.

Der Slit-Sampler wurde jeweils nach Abschluß der Untersuchungen jeden Tag, aber auch bei Bedarf mit einem Flächendesinfektionsmittel (Incidin^R-Spray der Firma Henkel) ausgesprüht und abgedeckt. Die Desinfektionsmittel enthaltende Luft wurde stets vor Untersuchungsbeginn abgesaugt.

2.1.2 Das UV-Umluftentkeimungsgerät (SUG)

Zur Entkeimung der Raumluft wurde ein mit UV-Strahlern bestücktes Entkeimungsgerät, Abb.4, (siehe auch Fußnote S. 3) benutzt, bei dem die Luft von einem Gebläse durch ein UV-Strahlerbündel hindurchgeführt wird. Dazu wird die Luft in 60 cm Höhe durch ein Gitter stufenlos regulierbar angesaugt (Luftleistung 120-360 m³/h) und in die Strahlerkammer transportiert. An deren Wand sind 8 Quecksilberniederdruckstrahler angebracht, die insgesamt 20,4 mW/cm² leisten. Die räumliche Verteilung der Strahlungsleistung und die Abhängigkeit von der geförderten Luftmenge wird in Abb. 5 skizziert. Nach der Strahlerkammer passiert die Luft einen auswechselbaren Glaswollefilter, der Staubteilchen zurückhält und schließlich einen Schalldämpfer, der den Geräuschpegel auf 35 dB(A) begrenzt. Die entkeimte Luft wird nach oben abgegeben. Das Gerät ist auf Rollen beweglich (Höhe 1,30 m, Durchmesser 0,60 m, Gewicht 63 kg)

Der Schalldämpfer des Gerätes wurde vor jedem Untersuchungszyklus im Autoklaven sterilisiert, der Filter mit Wasser ausgewaschen (er war stets stark staubdurchgesetzt) und mit Alkohol desinfiziert, sowie die UV-Brenner mit einem alkoholdurchtränkten Leinenlappen gesäubert.

Abb. 41:

Skizze des Sterisol-Umluft-
entkeimungsgerätes^R
nach JUNGINGER (43)

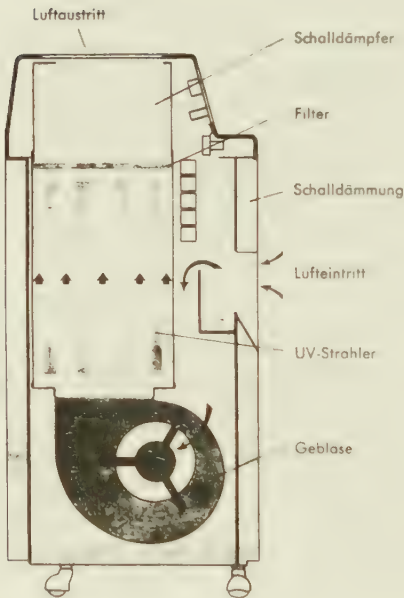
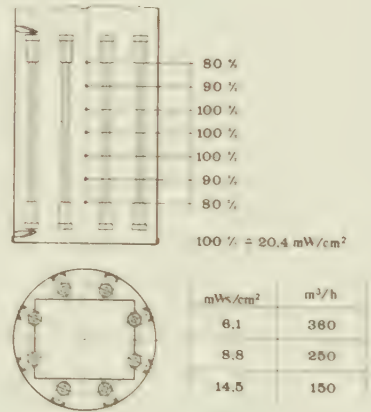


Abb. 42:

Bestrahlungsspanne in der
Zirkularkammer des Sterisol-
Luftentkeimungsgerätes^R
nach JUNGINGER (43)



2.2 Beschreibung der Räume in denen die Untersuchungen stattfanden

2.2.1 "Verbrennungszimmer"

Das sog. "Verbrennungszimmer" ist für die Behandlung von Patienten mit hochgradigen und großflächigen Verbrennungen vorgesehen. Zur Zeit der Probenentnahme befand sich darin ein 5 jähriger Junge mit einer ca. 35%-igen Verbrennung der Körperoberfläche.

Der Raum ist 3,20 m lang, 3,20 m breit und 3,20 m hoch, einschließlich der Türnische beträgt der Rauminhalt 35 m³. Der Raum ist klimatisiert. Die Zuluftöffnung von ca 40x40 cm Größe befindet sich in der Mitte der Decke. Die Abluft verläßt den Raum über Schlitze im unteren Teil der Eingangstüre, und wird an der Decke des Vorraums abgesaugt.

Im Verbrennungszimmer herrscht Überdruck, der das Eindringen der Luft aus dem Vorraum verhindern soll.

Die Frischluft wird am Dach des einstöckigen Gebäudes angesaugt, passiert einen Vorfilter der Güteklasse B₂ (Firma Ceag) welcher 92% der in der Luft vorhandenen Partikel zurückhält, und einen Nachfilter der Güteklasse C (Firma Ceag), der 95% der Partikel im Verfärbungstest (AFI-Spot-Test) und 99,7% im Staubtest (Teststaub A) zurückhält.

Pro Stunde fand ein etwa 12facher Luftwechsel statt. Die Temperatur der Zuluft betrug 22°C und wurde durch einen zusätzlichen Heizlüfter auf der Fensterbank auf durchschnittlich 25°C erwärmt, die relative Luftfeuchte betrug 35%.

Der Fußboden wurde täglich feucht gesäubert.

Außer dem Patienten befand sich fast ständig eine Krankenschwester und stündlich zur Probenentnahme der Untersucher im Raum.

Zwecks Verhinderung der Keimeinschleppung mußte jede Person, die das Zimmer betrat, Haar- und Atemschutz, sterilen Mantel und Fußschutz anlegen.

Der Patient wurde täglich, aber zu verschiedenen, in den Tabellen (Tab. 2-6) angegebenen Zeiten, in Narkose gebadet, eingesalbt und das Bett wurde mit sterilen Tüchern überzogen. Während diesen Tätigkeiten, bei denen der Patient wegen der Wundfreilegung am meisten Infektionen ausgesetzt ist, waren zwei Schwestern, ein Arzt und der Untersucher anwesend.

Der Slit-Sampler wurde patientennah am Kopfende des Bettes und patientenfern zwischen Fenster und Wandschranken aufgestellt. Dadurch sollte ein besserer Überblick über die Verteilung der Luftflora im Raum erzielt werden. Die Proben wurden jeweils nacheinander zur vollen Stunde zuerst patientennah und später patientenfern entnommen.

Das Sterisol-Umluftentkeimungsgerät^R wurde an die rechte Seite des Bettes in einem Abstand von 50 cm davon (Position A: bettnah) und am Fußende des Bettes in einem Abstand von 1 m davon (Position B: bettfern) dermaßen aufgestellt, daß das Ansauggitter dem Bett zugewendet war. Näheres ist in dem Grundriß aufgeführt (Abb. 8).

2.2.2 Mikrobiologisches Laboratorium

Im Varia-Laboratorium werden bakteriologische Untersuchungen durchgeführt. Täglich kommen ca. 60 Untersuchungsproben (Urine, Sputen, Abstriche etc.). Jeden Morgen werden 80-120 Plattensätze begutachtet. Die anfallende Arbeit wird von 4-5 medizinisch-technischen Assistentinnen und 1-2 Ärzten erledigt. Den ganzen Tag außer in den Pausen um 12 und 14 Uhr herrscht reger Betrieb.

Das Varia-Labor liegt im Erdgeschoß des Institutes, ist ca. 8,50 m lang, 4,20 m breit und 3,30 m hoch, der Rauminhalt beträgt 126 m³. Der Raum ist nicht klimatisiert, die Lüftung erfolgt durch die stets offene Türe, über den Gang und ggf. über die Fenster. Die durchschnittliche Temperatur lag bei 20°C, die relative Luftfeuchtigkeit betrug 35%. Die Säuberung erfolgte jeden Morgen durch feuchtes Aufwischen des Fußbodens, der Arbeitstisch wurde laufend desinfiziert. Wegen der vorherrschenden räumlichen Knappheit konnten Slit-Sampler und SUG nicht an den optimalen Stellen d.h. möglichst nahe an der vermutlich hauptsächlichen Keimquelle Arbeitstisch, an dem die eingesandten Proben verarbeitet und begutachtet werden, aufgestellt werden. Die genaue Platzierung der Geräte ist aus dem Grundriß des Varia-Labors ersichtlich (Abb.6). Die Ansaugöffnung des SUG war dem Raum zugewendet.

2.2.3 Mäuseversuchstierstall

Im Versuchstierstall befanden sich ca 450-500 Mäuse jeden Alters. Die täglichen Fluktuationen der Versuchstieranzahl waren gering, da z. Z. der Probenentnahme vorwiegend Langzeitversuche durchgeführt wurden. Der Raum ist 6,60 m lang, 4 m breit und 2,30 m hoch (Abb. 9), zusammen mit den Fensternischen weist er einen Inhalt von 62 m³ auf. Die Mäuse befanden sich in Gruppen von jeweils 10-12 Tieren gleichen Alters in ca 40 cm langen, 30 cm breiten und 20 cm hohen durchsichtigen Plastikkäfigen mit Gitterabdeckung.

Die Käfige lagen in 4 Reihen übereinander. Die Einstreu bestand aus trockenen Sägespänen. Die Tiere bekamen in zweistündigem Rhythmus frisches pelletiertes Normfutter und Trinkwasser in Hippelflaschen. Die Käfige wurden

jeweils Montag und Donnerstag morgens (stets vor der Probenentnahme) gesäubert. Der Fußboden wurde in unregelmäßigen Abständen mit einer Desinfektionslösung gereinigt, jedoch nicht während der Probenentnahme.

Der Tierstall ist nicht klimatisiert, die Lüftung erfolgt forciert über einen Ventilator. Die Zuluft kommt durch die stets offene Türe über einen Vorraum, in dem die Sägemehleinstreu auch für die anderen Versuchstierställe aufbewahrt wird (vermutlich daher die relativ hohe Staubentwicklung). Die Abluft wird über einen Ventilator nach außen abgesaugt, der von einem Thermostaten gesteuert wird. Die Raumtemperatur betrug 25°C , bei einer Erhöhung setzt sich der Ventilator automatisch in Betrieb und schaltet ebenso wieder ab bei einem Absinken der Temperatur unter 25°C . Praktisch ist der Abluftventilator nach 2 Minuten Stillstand für 2 Minuten in Betrieb, der Luftdurchzug ist deutlich spürbar. Der sonst charakteristische Mäuseruch ist nicht vorhanden. Die durchschnittliche relative Luftfeuchte betrug 30%.

Um einen besseren Überblick der Luftflora und ggf. eine Abhängigkeit derselben vom Aufstellungsort des Slit-Sampler zu ermitteln, wurde der Slit-Sampler täglich an einer anderen Stelle (in Grundriß und Tabellen aufgeführt) aufgestellt. Das SUG wurde in einem Abstand von 50 cm vor die Reihe der Mäusekäfige dermaßen gestellt, daß die Ansaugöffnung den Käfigen zugewendet war.

2.2.4 Meerschweinchenstall

Der Versuchstiertrakt der Neurologischen Universitätsklinik befindet sich in einem weitestgehend neuem Neubau. Der Meerschweinchenraum ist 4,50 m lang, 3,80 m breit und 2,90 m hoch (Abb. 7). Der Rauminhalt einschließlich Oberlicht und Türnische beträgt 53 m^3 . Der Raum ist vollklimatisiert, die durchschnittliche Temperatur betrug 21°C , die

durchschnittliche relative Luftfeuchte betrug 40%. Die ca 25x50 cm großen Wandöffnungen für Zu- und Abluft befinden sich rechts bzw. links der Eingangstüre in einer Höhe von 2,50 m. Pro Stunde fand ein 9facher Luftwechsel statt, der Zug der Zuluft war noch in einer Entfernung von 2 m von der Wandöffnung deutlich spürbar, trotzdem konnte der charakteristische Meer-schweinchengeruch wahrgenommen werden.

Die Frischluft wird am Dach des Tierstalles ebenerdig angesaugt (Hangbaulage), erwärmt aber nicht gefiltert.

Die verbrauchte Luft aus den verschiedenen Räumen verläßt die Klimaanlage zusammen mit der Klinikabluft. Im Raum befanden sich ca 150-200 Meerschweinchen jeden Alters. Die Zahl fluktuierte infolge der Tierversuche, Geburten und Todesfälle.

An der rechten Wand befanden sich 4 übereinandergestellte Reihen ca 40x60 cm großer durchsichtiger Plastik Käfige mit Gitterabdeckung. Darin waren die Versuchstiere untergebracht. An der linken Wand standen 4 Reihen ca 100x50 cm großer undurchsichtiger Plastik Käfige mit Vordergitter und ohne Abdeckung für trächtige und junge Tiere.

Die Einstreu bestand aus ca 80% Sägemehl und ca 20% Phosphatdünger (zum Aufsaugen der Flüssigkeiten und zur Verhinderung der Geruchsbildung). Durch ein 2 cm darüber angebrachtes Laufgitter hatten die Tiere keinen direkten Kontakt zur Einstreu.

Jeweils Montag, Mittwoch und Freitag vormittags wurden die Käfige gesäubert, was stets mit erheblicher Staubentwicklung verbunden war. Die Tierpfleger schützten sich davor durch Gesichtsmasken. Jeden Morgen bekamen die Tiere frisches pelletiertes Normfutter und Wasser aus Nippelflaschen. Täglich gegen 14 Uhr wurde der Fußboden feucht aufgewischt.

Der Slit-Sampler wurde im hinteren Teil des Raumes, das SUG, mit der Ansaugöffnung dem Raum zugerichtet, in 1 m

Fenster

Arbeitstisch

Tisch

Tisch

Tisch

Kühl-
und
Brut-
schrank

500

1

Abb. 6: Grundriss des
Varia-Labors

Maßstab 1:100
Rauminhalt 126 m³
1: Position
Slit-Sampler

Türe

Abb. 7: Grundriss des
Meerschweinchenstalles

Türe

Käfige

Ober-
licht

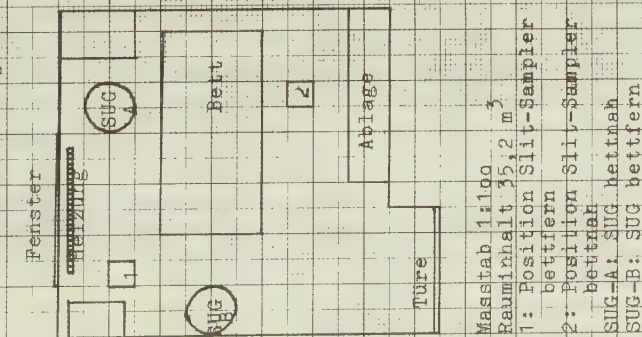
500

1

Käfige

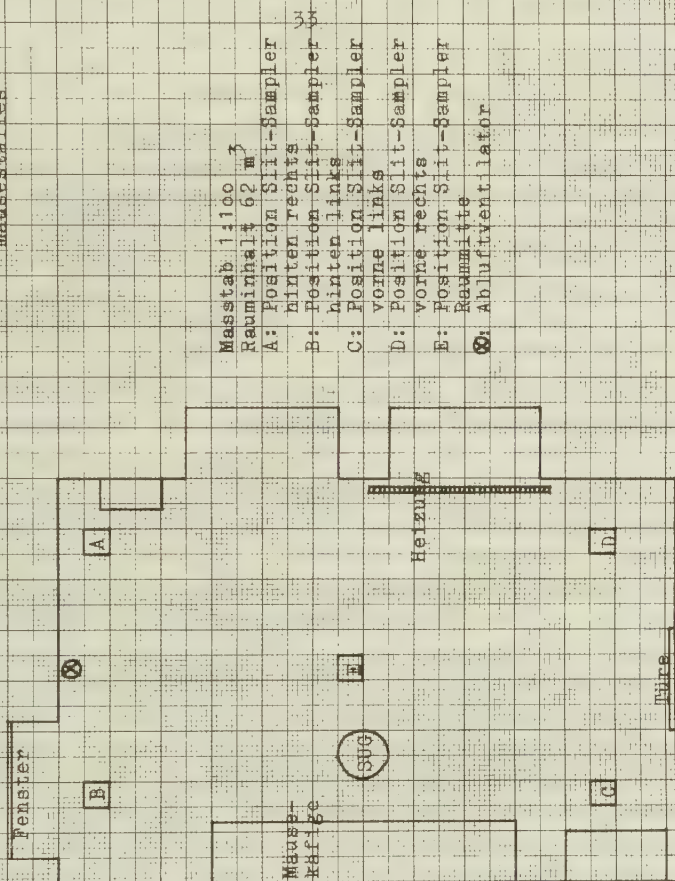
Maßstab 1:100
Rauminhalt 53 m³
1: Position
Slit-Sampler

Abb. 8: Grundriss des
"Verbrennungszimmers"



Masstab 1:100
 Rauminhalt 35,2 m³
 1: Position Slit-Sampler
 bettfern
 2: Position Slit-Sampler
 bettnah
 SUG-A: SUG heitnah
 SUG-B: SUG bettfern

Abb. 9: Grundriss des
Mäusestalles



Masstab 1:100
 Rauminhalt 62 m³
 A: Position Slit-Sampler
 hinten rechts
 B: Position Slit-Sampler
 hinten links
 C: Position Slit-Sampler
 vorne links
 D: Position Slit-Sampler
 vorne rechts
 E: Position Slit-Sampler
 Raummitte
 F: Abluftventilator

Entfernung davon aufgestellt. Eine rüstigere, d.h. nähere Platzierung der Geräte an den Tierkäfigen war nicht möglich; dadurch wäre der Arbeitsablauf erheblich behindert gewesen.

2.3 Differenzierung der Luftkeime

2.3.1 Verwendete Nährböden

Folgende Nährböden wurden verwendet:

1. Blutagar: Nähragar mit 5-10% defibriniertem Blut zur Bestimmung der Gesamtkeimzahl und der qualitativen Zusammensetzung der Luftflora.
 2. Bacto-Plate-Count-Agar (Difco): dito wie 1.
 3. Fuchsin-Milchzucker-Nährboden nach MACCONKEY zum Nachweis und bei der Differenzierung gramnegativer Stabkeime.
 4. Staphylokokkenagar nach BAIRD-FARKER zum Nachweis pathogener Staphylokokken.
 5. Mannit-Kochsalz-Agar dito wie 4.
 6. Glucose-Pepton-Agar nach SABOURAUD mit Penicillin und Streptomycinzusatz zur selektiven Züchtung von Sproß- und Schimmelpilzen.
 7. Nährboden nach HUGH-LEIFSON zur Keimdifferenzierung aufgrund oxidativer oder fermentativer Glucosespaltung. Die Nährböden 1-7 wurden aerob 24-48 h bei 37°C bebrütet.
 8. VL-Agar mit Blut nach BEERENS zur Bestimmung der Gesamtkeimzahl und der qualitativen Zusammensetzung der anaeroben Luftflora, Bebrütung anaerob 5 Tage bei 37°C.
- Bei Bedarf wurde Zwei-Zucker-Eisen-Agar nach KLIGLER, Citratagar nach SIMPSON, Harnstoffagar nach CHRISTENSEN, Nährboden für Aminosäuredecarboxylierungsreaktionen nach MEYER, Fleisch-extrakt-Pepton-Indikatorlösungen zur Prüfung der Spaltung von Kohlenhydraten sowie andere in der bakteriologischen Diagnostik übliche Nährböden verwendet.

Neben dem färbenden Verhalten und kulturell-morphologischen Eigenschaften wurden die folgenden Stoffwechselleistungen der Bakterien zu deren Differenzierung verwendet:

1. Farbstoffbildung bei Staphylokokken und Flavobakterien auf Blutagar und von Pseudomonaden auf dem Nährboden zum Pyocyanin- und Fluorescinnachweis nach KING, WARD und RANEY.
2. Gelatinasebildung auf Gelatinenähragarplatte oder Verflüssigung von Gelatinekohleplättchen (Firma Oxoid Ltd., London).
3. Indolbildung aus Tryptophan in Nährbouillon.
4. Schwefelwasserstoffbildung im Zwei-Zucker-Eisen-Agar nach KLIGLER.
5. Harnstoffspaltung im Nährboden nach CHRISTENSEN.
6. Plasmakoagulasereaktion im 1:3 mit physiologischer Kochsalzlösung verdünntem Kaninchenplasma zur Differenzierung pathogener Staphylokokken.
7. Hämolyse auf Schafblutagar.
8. Cytochromoxidasereaktion zur Differenzierung von Pseudomonaden, Neisserien und aeroben Sporenbildnern.
9. Nitratreduktion zur Differenzierung der Enterobakteriaceen.
10. Katalasereaktion zur Differenzierung der grampositiven Kokken.
11. Lecithinasereaktion im Eigelbnährboden nach BAIRD-PARKER zur Differenzierung pathogener Staphylokokken.

2.3.2 Exponierung der Nährböden

Der Slit-Sampler wurde stets zur vollen Stunde während der Dienstzeit zwischen 8 und 17 Uhr für 5 Minuten eingeschaltet, eine Zeit in der 150 l Luft die Nährbodenoberfläche bestreichen. Das Sterisol-Umluftentkeimungsgerät^R wurde bei einer Luftumwälzung von maximal 360 m³/h und minimal 120 m³/h getestet. Vor Erstein-

schaltung des Gerätes um 8 Uhr wurde noch ein letztes Mal eine Probe zur Bestimmung des "Normalstatus" entnommen. Das Gerät blieb dann auch über Nacht bei der morgens eingestellten Leistung und wurde dann ebenfalls um 8 Uhr bei Bedarf von maximaler auf minimale Leistung umgestellt.

Der Aufstellungsplatz des Slit-Samplers war in den praktischen Arbeitsablauf in den untersuchten Räumen integriert, er befand sich 1 m hoch und möglichst nahe an den mutmaßlich stärksten Keimquellen.

2.3.3 Auswertung der bebrüteten Nährböden

Die 48 h aerob bei 37°C bebrüteten Blutagarplatten wurden unter dem Flatten-Stereo-Mikroskop untersucht. Sie dienten zunächst zur Feststellung der Gesamtkeimzahl. Die Anzahl der gewachsenen Kolonien wurde mit 6,7 multipliziert, um die Keimzahl/m³ Luft- einer besser vorstellbaren Raumeinheit- anzugeben.

Das folgende Schema (Abb. 6) faßt den für die Differenzierung der Luftkeime benutzten Trennungsgang zusammen. Bei dieser Zusammenstellung wurde ein von KING (49) angegebener "Key for identification of aerobes" speziell zur Differenzierung von Luftkeimen vereinfacht und abgewandelt.

2.4 Ergebnisse der Vorversuche

In ausführlichen Vorversuchen wurde der Einfluß der Expositionsdauer der Nährbodenplatten im Slit-Sampler, der Art des Nährbodens, der Bebrütungsdauer und -temperatur der exponierten Nährbodenplatten auf qualitative Zusammensetzung der Luftflora sowie die Einsatzmöglichkeit von Selektivnährböden zur schnelleren Auffindung von Problemkeimen (Staphylokokken, Enterobakteriaceen, Pseudomonaden und Sproßpilzen) untersucht.

Abb 10: Schema zur Differenzierung der Luftkeime
vereinfacht nach KING (49)



Dabei zeigte sich, daß:

1. Die Expositionsdauer der Nährbodenplatten im Slit-Sampler je nach zu erwartender Keimdichte in der Luft so gewählt werden sollte, daß sich minimal 10-20 und maximal 200 Kolonien bilden. Eine geringere Keimdichte scheint nicht repräsentativ, eine höhere erschwert Auszählung und Auswertung der Kolonien, es kann sich ein Bakterienrasen bilden.

Da niedrigere und höhere Keimpegel nur ausnahmsweise vorhanden waren, wurde eine fünfminütige Expositions-
dauer der Nährbodenplatten im Slit-Sampler gewählt, eine Zeit in der 150 l Luft die Nährbodenoberfläche bestreichen.

2. Für die Ermittlung der Kolonienzahl und der Zusammensetzung der Luftflora wurden Optimalnährböden ausgewählt. Die Gegenüberstellung Blutagar (in der bakteriologischen Routinediagnostik verwendet) und Plate-Count-Agar (Firma Difco, Detroit) (bei bakteriologischen Wasser- und Milchuntersuchungen verwendet) ergab beim ersten höhere Koloniezahlen.

3. Bei einer Bebrütungsdauer von 24 h bei 37°C sind einige Kolonien noch gar nicht, andere zu klein ausgebildet um auswertbar zu sein. Eine 48stündige Bebrütungsdauer bei 37°C erwies sich als optimal, auch unter dem Gesichtspunkt der Berücksichtigung von Hospitalismuskeimen, um diesen ein schnelleres Wachstum zu ermöglichen.

Bei längerer Bebrütungsdauer überwuchern Schimmelpilze und aerobe Sporenbildner die Nährbodenoberfläche. Eine Bebrütung der exponierten Nährbodenplatten 24 h bei 37°C und 96 h bei 22°C bzw. 120 h bei 22°C ergab durchwegs höhere Gesamtkeimzahlen, teilweise sogar um 100% höher, die mehr gewachsenen Kolonien wurden aber überwiegend von Schimmelpilzen gebildet.

4. Die zur selektiven Züchtung pathogener Staphylokokken, Enterobakteriaceen und Sproßpilzen exponierten Platten

mit BAIRD-PARKER, Mannit-Kochsalz, MACCONKEY- und SABOURAUD-Agar brachten nicht die erhofften arbeitserleichternden Ergebnisse. Eine Korrelation der Kolonienanzahl auf den Selektivnährböden und auf Blutagar konnte nicht festgestellt werden, auf Blutagar wuchsen stets mehr Kolonien der gesuchten Keime. Nur in Ausnahmefällen wuchsen z. B. auf MACCONKEY-Agar Kolonien von E.coli, ohne auch auf dem Blutagar vorhanden zu sein.

Selektivnährböden wurden daher nicht mehr benützt, zur Bestimmung der Koloniezahl und der Zusammensetzung der Luftflora wurde nur noch Blutagar verwendet.

5. Die fünftätige anaerobe Bebrütung des exponierten VL-Agars mit Blut nach BEERENS nach dem KOCH'schen Verfahren (Pyrogallol-Pottasche-Kieselgur-Päckchen in luftdicht verschlossenen Petrischalen) brachte nicht die erhofften Ergebnisse. Anaerobier wurden nicht gefunden, der VL-Nährboden war stets nur von fakultativ anaeroben Keimen derselben Arten wie auch auf den aerob bebrüteten Blutagarplatten bewachsen.

6. Als Kontrolle dienten anfangs sog. "KOCH'sche Sedimentationsplatten", Platten mit denselben Nährbodenarten, welche für 1 h offen neben den Slit-Sampler gelegt wurden. Dabei konnte keine Korrelation der Gesamtluftkeimzahlen und der qualitativen Zusammensetzung der Luftflora festgestellt werden. Die Gesamtkeimzahlen lagen meist bei 10% derer durch den Slit-Sampler ermittelten.

2.5 Ergebnisse der Untersuchungen

Die Einzelergebnisse der Untersuchungen zur qualitativen und quantitativen Bestimmung des Luftkeimgehaltes vor und nach Inbetriebnahme des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R im "Verbrennungszimmer", mikrobiologischen Laboratorium, Mäuseversuchstierstall und Meerschweinchenversuchstierstall sind in den Tabellen (Tab. 2-20) und Abbildungen (Abb. 11-16) zusammengefaßt.

2.5.1 "Verbrennungszimmer"

Um einen besseren Überblick des Luftkeimgehaltes und dessen Verteilung im "Verbrennungszimmer" zu erhalten, wurden die Luftproben stündlich nacheinander bei bettnaher und bettferner Aufstellung des Slit-Sampler entnommen. Dabei stellte sich heraus, daß die Werte des Keimpegels bei bettnaher Aufstellung des Slit-Sampler niedriger lagen, Unterschiede in der qualitativen Zusammensetzung der Luftflora konnten aber nicht festgestellt werden.

Die Keimzahlen/ m^3 Luft waren relativ niedrig, sie betrugen durchschnittlich 68. Jede Fäuerung und Aktivität im Raum aber, wie Säuberung, Untersuchung und Baden des Patienten oder Bettenmachen erbrachte sprunghaft um das Doppelte bis Dreifache höhere Werte (Abb.11).

Die Luftflora bestand aus S.epidermidis, Corynebakterien, aeroben Sporenbildnern, Keimen der Alcaligenes-Achromobacter-Gruppe, gramnegativen Kokken, S.aureus und vereinzelt Enterobakteriaceen (meistens beim Baden des Patienten), Streptokokken, Schimmelpilzen, Sarzinen und Pseudomonaden (Tab. 2 und 3).

Nach Einschaltung des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R mit maximaler Luftumwälzung (360 m^3/h) in Position A (bettnah) lagen die Keimzahlen/ m^3 Luft bei

durchschnittlich 36, wobei die bettnahe Aufstellung des Slit-Samplers geringere Werte und die bettferne höhere ergaben (Abb. 11). Die Luftflora war aus Corynebakterien, S.epidermidis, Sarzinen und vereinzelt aeroben Sporenbildnern und Streptokokken zusammengesetzt. Gramnegative Stäbchenbakterien, S.aureus und Schimmelpilze konnten nicht mehr nachgewiesen werden (Tab.4)

Die minimale Leistung ($120 \text{ m}^3/\text{h}$) des Sterisol-Umluft-entkeimungsgerätes^R in Position A (bettnah) erbrachte hinsichtlich der Keimzahl/ m^3 Luft günstigere Werte mit durchschnittlich 29, bei bettnaher Aufstellung des Slit-Sampler geringere als bei bettferner. Vereinzelt waren auf den bettnahe exponierten Nährbodenplatten keine Kolonien gewachsen (Abb. 11). Die Luftflora bestand aus S.epidermidis, Corynebakterien, Keimen der Alcaligenes-Achromobacter-Gruppe und vereinzelt Mikrokokken und aerobe Sporenbildner. Bettnah war auch eine Kolonie S.aureus gewachsen (Tab.5)

In Position B (bettfern) brachte das Sterisol-Umluft-entkeimungsgerät^R bei maximaler Luftumwälzung ($360 \text{ m}^3/\text{h}$) ungünstigere Ergebnisse als in Position A (bettnah), die Keimzahl/ m^3 Luft lag bei durchschnittlich 41, wobei die bettnahen Werte des Keimpegels niedriger als die bettfernen lagen, zeitweilig waren auf den bettnahe exponierten Nährbodenplatten keine Kolonien gewachsen (Abb. 11). Die Luftflora bestand aus S.epidermidis, Corynebakterien, Mikrokokken, Sarzinen und vereinzelt Keimen der Alcaligenes-Achromobacter-Gruppe und Streptokokken (Tab. 6).

Abb. 11:

Keimzahl/m³

Luft

"Verbren-

nungszimmer"

Slit-Sampler

bet fern

Keimzahl/m³ Luft

Uhrzeit

Di. 30.12.75

"Normalstatus"

φ 83 K/m³

Mi. 31.12.75

"Normalstatus"

φ 51 K/m³

Fr. 2.1.76

SUG 360m³/h

bettnah

φ 38 K/m³

Sa. 3.1.76

SUG 120m³/h

bettnah

φ 31 K/m³

Mo. 5.1.76

SUG 360m³/h

bet fern

φ 44 K/m³

Di. 30.12.75

"Normalstatus"

φ 94 K/m³

Mi. 31.12.75

"Normalstatus"

φ 44 K/m³

Fr. 2.1.76

SUG 360m³/h

bettnah

φ 34 K/m³

Sa. 3.1.76

bettn-SUG 120m³/h

nah

φ 27 K/m³

Mo. 5.1.76

bettn-SUG 360m³/h

bet fern

φ 39 K/m³

φ durch-

schnittlich

x: "Normalsta-

-s" yDr 8h

Tab. 2 : Zusammensetzung der Luftflora im "Verbrennungszimmer"

Tag und Datum : o = Dienstag, 30.12.75 ; om = Dienstag, 30.12.75

Keime	Uhrzeit:															
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
	o	om	o	om	o	om	o	om	o	om	o	om	o	om	o	om
Enterobakteriaceen						7	13									
andere ferm. gramneg. Stäbchen																
Pseudomonaden	7							7								
andere oxid. gramneg. Stäbchen																
Flavobakterien																
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe	7		7	7	20	7	7	7								
aerobe Sporenbildner	7	20	7	7	13	20	7	7				13				7
Corynebakterien	20	40	40	33	20	20	26	40	87	20	7	13	13	26	7	54
andere grampositive Stäbchen																
Staphylococcus aureus	54		60	20	20	13								40		33
Staphylococcus epidermidis	46	54	7	26	26	40	60	26	13						26	
Mikrokokken																
Sarzinien									13							
Streptokokken		7														
gramnegative Kokken	7	7	7	7	7		33	13						13		
Schimmelpilze																7
Streptomyceten																

o = Slit-Sampler Position 2 (bettnah)
om = Slit-Sampler position 1 (bettfern)
14h: Bettenmachen

Legende: o=ohne SUG
om=ohne SUG
Die Zahlen in der Tabelle
sind Keimzahlen/m³
Luft

Tab. 3 : Zusammensetzung der Luftflora im "Verbrennungszimmer"

Tag und Datum : o = Mittwoch, 31.12.75 ; om = Mittwoch, 31.12.75

Keime	Uhrzeit:															
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
o	cm	o	om	o	om	o	om	o	om	o						
Enterobacteriaceae																
andere ferm. fäuln. Stäbchen																
Pseudomonaden																
andere oxid. gramneg. Stäbchen																
Flavobakterien																
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe																
aerobe Sporenbildner																
Corynebakterien			1	4	1	4	1	1								
andere grampositive Stäbchen																
Staphylococcus aureus			1	7												
Staphylococcus epidermidis			1	1												
Mikrokokken																
Sarzinien																
Streptokokken																
gramnegative Kokken																
Schimmelpilze																
Streptomyceten																

o = Slit-Sampler position 2 (bettnah)

om = Slit-Sampler position 1 (bettnah)

9h: 8.00 Uhr ; 10h: Untersuchung

13h: Baden ; 14h: Selben

Legende: o-ohne SUG

om-ohne SUG

Die Zahlen in der Tabelle
sind Keimzahlen/m³
Luft

Tab. 4 : Zusammensetzung der Luftflora im "Verbrennungszimmer"

Tag und Datum :

mo = Freitag, 2.1.76 ; m = Freitag, 2.1.76, SUG max. ab 8h

Keime	Uhrzeit:												17
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Enterobakteriaceen													
andere ferm. gramneg. Stäbchen													
Pseudomonaden													
andere oxid. gramneg. Stäbchen													
Flavobakterien													
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe (7)													
aerobe Sporenbildner													
Corynebakterien	(33) (13)	7	26	13	54	26	13	7	7	7			7
andere grampositive Stäbchen													
Staphylococcus aureus	(13) (20)												
Staphylococcus epidermidis	13	7	7	7	67	40	20	20	7	13	7	20	7
Mikrokokken	7	(7)	7		7								
Sarzinen	(13)		7	7	20	20				7			13
Streptokokken			7										
gramnegative Kokken													
Schimmelpilze													
Streptomyceten													

mo = Slit-Sampler position 2 (bettnah)

m = Slit-Sampler position 1 (bettnah)

SUG position A (bettnah)

12h: Baden; 13h: Essen

Legende: mo = mit SUG max (360 m³/h)
m = mit SUG max (360 m³/h)
Die Zahlen in der Tabelle
sind Keimzahlen/m³
Luft
() = ohne SUG vor 8h

Tab. 5 : Zusammensetzung der Luftflora im "Verbrennungszimmer"

Tag und Datum : mo = Samstag, 3.1.76 ; m = Samstag, 31.76, SUG min ab 8h (seit 24h max.)

Keime	Uhrzeit:																
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17							
Enterobakteriaceen																	
andere ferm. gramneg. Stäbchen																	
Pseudomonaden																	
andere oxid. gramneg. Stäbchen																	
Flavobakterien																	
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe	7			40	7		13										
aerobe Sporenbildner				7		7											
Corynebakterien		13	20	7	33		7		13								
andere grampositive Stäbchen																	
Staphylococcus aureus	7																
Staphylococcus epidermidis	2	40	13	40	30	13	7	13									
Mikrokokken	7	7			13		7	13									
Sarzinen																	
Streptokokken																	
gramnegative Kokken																	
Schimmelpilze																	
Streptomyceten																	

mo = Luft-zähler position 2 (bettnah)

m = Stüt-zahl. l. r. Bettc. 1 (bettfern)

SUG position A (bettnah)

llh: Boden, 14h: Essen

Legende: mo = mit SUG min (120 m³/h)
m = mit SUG min (120 m³/h)
Die Zahlen in der Tabelle
sind Keimzahlen/m³
Luft

3.2.2 Variolaboratorium

In der Luft des Variolabors konnten im Wochendurchschnitt 215 Keime/m³ Luft nachgewiesen werden. Morgens und vormittags lagen die Keimzahlen meist am höchsten, mittags sanken sie dann ab, um 14-15h war meist ein Anstieg zu verzeichnen, danach fielen sie konstant ab. Höhere Keimzahlen waren stets mit einer gesteigerten Tätigkeit und Bewegung der anwesenden Personen verbunden (Abb.12).

Die Luftflora setzte sich aus S.epidermidis, Streptokokken, vergrünende Streptokokken schubweise vermehrt, vermutlich durch Erkältung (Husten, Niesen) einer Mitarbeiterin bedingt (siehe auch Tab. 11), Corynebakterien, aeroben Sporenbildnern, Keimen der Alcaligenes-Achromobacter-Gruppe, Schimmelpilzen, Streptomyzeten, Flavobakterien und vereinzelt Enterobakteriaceen und Pseudomonaden zusammen, sogar Pseudomonas aeruginosa wurde nachgewiesen (Tab. 7).

Nach Inbetriebnahme des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R mit maximaler Leistung (360 m³/h) konnten durchschnittlich 197 Keime/m³ Luft festgestellt werden (Abb. 12). Ein Vergleich der in der Luft vorhandenen Keimarten zeigt gewisse Ähnlichkeiten; S.aureus, der vorher nicht nachgewiesen wurde, kommt jedoch vermehrt vor. Die Pseudomonaden sind vollständig verschwunden, Enterobakteriaceen und Keime der Alcaligenes-Achromobacter-Gruppe sind vereinzelt nachweisbar (Tab. 8 und 9).

Bei minimaler Leistung des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R (120 m³/h) konnten durchschnittlich 188 Keime/m³ Luft nachgewiesen werden (Abb. 12). S.aureus war ebenso wie die Keime der alcaligenes-achromobacter-Gruppe nicht mehr in der Luft feststellbar. Die anderen Keime der Luftflora wurden vom Sterisol-Umluftentkeimungsgerät^R unter den gewählten experimentellen Bedingungen nicht beeinflusst (Tab. 10 und 11).

Abb. 12:
Keimzahl/m³
Luft
Varia-Labor

"Normal-
status"

Woche:
215 K/m³
Di. u. Mi.:
250 K/m³
Do. u. Fr.:
215 K/m³

Keimzahl/m³ Luft
4000
3000
2000
1000
0

Uhrzeit 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

Mo. 24. 11. 75.
Ø 160 K/m³

Di. 18. 11. 75.
Ø 255 K/m³

Mi. 19. 11. 75.
Ø 240 K/m³

Do. 20. 11. 75.
Ø 235 K/m³

Fr. 21. 11. 75.
Ø 190 K/m³

SUG 360m³/h:
Di. u. Mi.:
Ø 195 K/m³
SUG 120m³/h:
Do. u. Fr.:
Ø 180 K/m³

Keimzahl/m³ Luft
4000
3000
2000
1000
0

Uhrzeit 9 10 11 12 13 14 15 16 17

Di. 25. 11. 75.
SUG 360m³/h
Ø 250 K/m³

Mi. 26. 11. 75.
SUG 360m³/h
Ø 145 K/m³

Do. 27. 11. 75.
SUG 120m³/h
Ø 185 K/m³

Fr. 28. 11. 75.
SUG 120m³/h
Ø 170 K/m³

Ø: durch-
schnittlich

Tab. 7 : Zusammensetzung der Luftflora im Variolabor
 Tag und Datum : o = Montag, 24.11.75

Keime	Uhrzeit:															
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m
Enterobakteriaceen					7											
andere ferm. gramneg. Stäbchen							7									
Pseudomonaden	20															
andere oxid. gramneg. Stäbchen																
Flavobakterien	12				20	7	7	7								
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe	7		7			13	7									
aerobe Sporenbildner	13		20		7		7	13								
Corynebakterien	40	20	7	13	20		7									
andere grampositive Stäbchen																
Staphylococcus aureus																
Staphylococcus epidermidis	20	23	50	20	67	54	54	40								
Mikrokokken							7									
Sarzinien																
Streptokokken	100	12	13			26	40	53								
gramnegative Kokken			7													
Schimmelpilze	7	20		13		7										
Streptomyceten	7			7												

Legende: o=ohne SUG

Die Zahlen in der Tabelle
 sind Keimzahlen/m³
 Luft

Tab. 8 : Zusammensetzung der Luftflora im Variations-

Tag und Datum :

o = Dienstag, 18.11.75 ; m = Dienstag, 25.11.75, SUG max. ab 8h

Keime	Uhrzeit:															
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
Enterobakteriaceen	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m						
andere ferm. gramneg. Stäbchen																
Pseudomonaden	67	40	154	113				54								
andere oxid. gramneg. Stäbchen																
Flavobakterien	13	7		7	7	7	7									
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe	40		13	20	7	7		13	20	13						
aerobe Sporenbildner	7 (72)	7	7	20	13	7	7	7		12						
Corynebakterien	13	7	33		7			13	7	67	13	20	100	5		
andere grampositive Stäbchen																
Staphylococcus aureus	(40)	54	46	33	67	20		40		20						
Staphylococcus epidermidis	120	26	107	40	154	46	100	7	20	26	33	215	26	134	26	53
Mikrokokken																
Sarzinien																
Streptokokken	40	20	33	46	40	54	46	26		100				26	26	20
gramnegative Kokken																
Schimmelpilze	20	(7)	7	20				7		13	7		460	7	200	7
Streptomyceten	7															

Legende: o=ohne SUG

m=mit SUG max (360 m³/h)
Die Zahlen in der Tabelle
sind Keimzahlen/m³
Luft
() = o vor 8h

Tab. 9 : Zusammensetzung der Luftflora im Variolabor

Tag und Datum : o = Mittwoch, 19.10.75 ; m = Mittwoch 26.11.75, SUG max. seit 24h

Keime	Uhrzeit:															
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
Enterobakteriaceae																
andere ferm. gramneg. Stäbchen			?				7									
Pseudomonaden																
andere öxid. gramneg. Stäbchen																
Flavobakterien				?												
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe																
aerobe Sporenbildner	13			?	13	?	13	?								
Corynebakterien			?	13	13											13
andere grampositive Stäbchen																
Staphylococcus aureus	54			?		13	7									
Staphylococcus epidermidis	33	134	154	160	120	20	20	13								40
Mikrokokken																
Sarzinien																
Streptokokken	20	134	33	40	67	40	46									20
gramnegative Kokken																
Schimmelpilze	?	13	13	?	33		26									
Streptomyceten																

Legende: o-ohne SUG

m-mit SUG max (360 m³/h)
Die Zahlen in der Tabelle
sind Keimzahlen/m³
Luft

Tab. 10 : Zusammensetzung der Luftflora im Variabelabor

Tag und Datum :

o = Donnerstag, 20.11.75 ; m = Donnerstag, 27.11.75 ; AUG lin. ab 5h (seit 48h max.)

Keime	Uhrzeit:															
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
Enterobakteriaceen	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m						
andere ferm. gramneg. Stäbchen				26	7		7									7
Pseudomonaden																
andere oxid. gramneg. Stäbchen																
Flavobakterien	7	13			7	7	13	7								
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe	26	13	7													
aerobe Sporenbildner		7	7	7	7	7	7	7	7	7						
Corynebakterien	26	26	20	13	13	7	13									
andere grampositive Stäbchen																
Staphylococcus aureus																
Staphylococcus epidermidis	67	26	60	74	107	33	26	20	40	20	74	80	40			20
Mikrokokken		7			7				54							7
Sarzinien																
Streptokokken	54	26	33		20	33	20	33			54	40				
gramnegative Kokken												20				
Schimmelpilze	100	7	400	94			7			13						
Streptomyzeten			7								7	13	13			

Legende: o=ohne AUG
m=mit AUG min (120 m³/h)
Die Zahlen in der Tabelle
sind Keimzahlen/m³ Luft

Tab. 11 : Zusammensetzung der Luftflora im Variationslabor

Tag und Datum : c = Freitag, 21.11.77 ; m = Freitag, 28.11.75 ; SUG min. seit 24h
(vorher 48h max.)

Keime	Uhrzeit:													
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
Enterobakteriaceen				13										
andere ferm. Gramneg. Stäbchen														
Pseudomonaden														
andere oxid. Gramneg. Stäbchen														
Flavobakterien	7	7		7										
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe	20	7	13	7			7	7						
aerobe Sporenbildner	20	13	7	7	7	7	7	7		20				
Corynebakterien	24	7	7	13	7	7	20		13	7				
andere grampositive Stäbchen														
Staphylococcus aureus														
Staphylococcus epidermidis	30	24	20	20	24	40	40	40	40	20				
Mikrokokken	20	13	7											
Sarzinien														
Streptokokken	33	40	20	20	13		20	13	13	13				
gramnegative Kokken	40													
Schimmelpilze	7		7	7		7								
Streptomyceten	7	13	13											

Legende: o-ohne SUG

m=mit SUG min. (120m³/h)
Die Zahlen in der Tabelle
sind Keimzahlen/m³
Luft

3.2.3 Mäuse-Versuchstierstall

Durchschnittlich befanden sich in der Zuluft des Mäusestalles 530 Keime/m³. Vormittags fand sich ein Ansteigen der Keimzahl, wohl mit den Tätigkeiten des Pflegepersonals in den Vorräumen verbunden, danach blieb sie relativ konstant (Abb 14). Die Luftflora wurde von Streptokokken, Corynebakterien, aeroben Sporenbildnern, Keimen der Alcaligenes-Achromobacter-Gruppe, S.epidermidis und S.aureus gebildet. Vereinzelt und schubweise vermehrt kamen auch Enterobakteriazeen, Schimmelpilze und Streptomyzeten vor (Tab. 12). Der zeitliche Verlauf der Keimzahlwerte/m³ in der Abluft zeigte ein ähnliches Verhalten wie der der Zuluft (Abb.14). Die Abluft enthielt jedoch durchschnittlich nur 280 Keime/m³, was durch den in Abluftventilatornähe stärkeren Luftstrom, welcher das Ansaugen der Keime in den Slit-Sampler möglicherweise verhinderte, verursacht sein könnte. Die Luftflora war jedoch gleichartig zusammengesetzt, mit Ausnahme von S.aureus, der in der Abluft nicht vorkam (möglicherweise durch die zeitliche Verschiebung bei der Probenentnahme bedingt), Mikrokokken konnten vermehrt nachgewiesen werden (Tab. 12).

Um eine bessere Übersicht der Keimverteilung im Raum zu bekommen und eine eventuelle Beeinflussung der Gesamtkolonienzahl und der qualitativen Zusammensetzung der Luftflora vom Aufstellungsort des Slit-Sampler im Raum zu untersuchen, wurden die Luftproben, im täglichen Turnus wechselnd, an verschiedenen Stellen im Raum entnommen. Der genaue Aufstellungsort des Slit-Sampler ist im Grundriß des Mäusestalles aufgeführt (Abb. 6).

Die Untersuchungen ergaben eine beinahe identische Zusammensetzung der Luftflora im ganzen Raum. Seltene Unterschiede der Keimzahl/m³ Luft beeinflussten die

prozentuale Zusammensetzung der Luftflora kaum.

Eine Abhängigkeit der Höhe des Keimpegels und der Luftflora vom Aufstellungsort des Slit-Sampler im Raum war nicht feststellbar (Abb. 13, Tab. 13, 14, 15).

Der Kurvenverlauf mit hohen Keimzahlen morgens, einem Absinken um 9h, einen Anstieg bis 11h, einem Absinken zur Mittagszeit, einem erneuten Anstieg zwischen 13 und 15h und einem Absinken bei Dienstschluß war an den einzelnen Wochentagen sehr ähnlich und wahrscheinlich nicht dem unterschiedlichen Verhalten der Versuchstiere, sondern den Aktivitäten des Pflegerpersonals in den benachbarten Versuchstierställen und im Vorraum zuzuschreiben, war also möglicherweise Lüftungsbedingt (Abb. 13).

Nach Inbetriebnahme des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R mit maximaler Luftumwälzung (360 m³/h) war keine Beeinflussung der Keimzahl/m³ Luft im Sinne einer Abnahme zu beobachten (Abb. 13). Bei einem Vergleich der Zusammensetzung der Luftflora vor und nach Benutzung des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R sind jedoch qualitative Unterschiede feststellbar (Tab. 13, 15, 16, 17, 18). Zwar kamen anfangs noch Enterobakteriaceen in der Luft vor, nach 4 h waren sie jedoch nicht mehr, auch während des übrigen Benützungszeitraumes, nachweisbar. Das Sterisol-Umluftentkeimungsgerät^R konnte die Pseudomonaden in der Luft des Mäusestalles nicht beeinflussen, S.aureus war während der ersten 72h vermehrt vorhanden, konnte dann aber nicht mehr festgestellt werden. Die zu einigen Stunden vermehrt vorkommenden Schimmelpilze befanden sich während des Betriebs des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R zahlreicher in der Luft, die anderen Keime der Luftflora wurden nicht beeinflusst.

Abb. 13:
Keimzahl/m³
Luft
Mäusestall

"Normal-
status"
6 Wochen:
860 K/m³

Keimzahl/m³ Luft

Urtzeit 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12

Mo. 1.12.75
SS: hinten, rechts
ø 980 K/m³

Do. 4.12.75
SS: vorne links
ø 975 K/m³

Fr. 5.12.75
SS: vorne rechts
ø 590 K/m³

SUG
360 m³/h
ø Woche:
860 K/m³

Keimzahl/m³ Luft

ø: durch-
schnittlich
SS: Slit
Sampler

Mo. 8.12.75
SS: hinten rechts
ø 935 K/m³

Mi. 10.12.75
SS: vorne links
ø 1055 K/m³

Do. 11.12.75
SS: vorne rechts
ø 750 K/m³

Fr. 12.12.75
SS: Raummitte
ø 550 K/m³

Abb. 14:
Keimzahl/m³
Luft
Mausestall

SUG
SUG 120m³/h

Ø Woche: 3
740 K/m³

3000

Keimzahl/m³ Luft

Übersicht 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

Mo. 15.12.75
SS: Raummitte
Ø 720 K/m³

Di. 16.12.75
SS: vorne rechts
Ø 1140 K/m³

Mi. 17.12.75
SS: Hinten links
Ø 365 K/m³

Normal-
status

Abluft: 3
Ø 280 K/m³

Zuluft: 3
Ø 530 K/m³

3000

Keimzahl/m³ Luft

Übersicht 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

Do. 18.12.75
SS: Abluft
Ø 530 K/m³

Fr. 19.12.75
SS: Zuluft
Ø 530 K/m³

Ø: durch-
schnittlich
SS: Silt-
Sampler

Tab. 12 : Zusammensetzung der Luftflora im Häusestall

Tag und Datum :

o = Donnerstag, 14.12.75 ; m = Freitag, 19.12.75
Abluft Zuluft

Keime	Uhrzeit:															
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m
Enterobakteriaceen		7	13			13	7									
andere ferm. gramneg. Stäbchen																
Pseudomonaden																
andere oxid. gramneg. Stäbchen																
Flavobakterien																
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe		7	20	33	7	20	26	7	26	13	13					13
aerobe Sporenbildner	20	20	33	40	26	33	13	33	20	26	20	13	20	13	46	7 40
Corynebakterien	13		40	100	13	67	33	54	26	33	20	54	13	40	20	26 54
andere grampositive Stäbchen																
Staphylococcus aureus		13		13		26		13	26		7	13	13	13		7
Staphylococcus epidermidis	33		12	20	7	54	13	7	33	13	13	20	20	13	13	20 26
Mikrokokken									20	13						
Sarzinien																
Streptokokken	46	134	200	260	80	170	33	170	33	200	200	200	200	200	34	80 134
gramnegative Kokken			13	12												
Schimmelpilze	13	13	20	7	7	20		20	7	13	7	13	7	13		7 13
Streptomyceten		20	7	20	13	7	7	7	26	26					7	13

o : keine Späuerung

Legende: o=ohne SUG

m=ohne SUG

Die Zahlen in der Tabelle
sind Keimzahlen/m³
Luft

Tab. 13 : Zusammensetzung der Luftflora im Mäusestall

Tag und Datum : o = Montag, 1.12.75 ; m = Montag, 8.12.75, SUG max. ab 8h

Keime	Uhrzeit:															
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m						
Enterobakteriaceen	80	40	20	13	20	40	33	20			100			40		100
andere ferm. gramneg. Stäbchen																
Pseudomonaden																
andere oxid. gramneg. Stäbchen																
Flavobakterien			?													
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe	33	13	40	113	20						20					
aerobe Sporenbildner	20	20	13	20	13	33	7	13	20							
Corynebakterien	320	40	20	40	200	300	140	10	33	67	14	140	20	67	15	100
andere grampositive Stäbchen																
Staphylococcus aureus	233	120	20	33							100	330		1100		
Staphylococcus epidermidis	100	13	147	27	200	120	40	13	14	13	40	13		13		20
Mikrokokken			20											13		
Sarzinien																
Streptokokken	200	34	20	134	26	26	77				100	13		67	40	17
gramnegative Kokken																13
Schimmelpilze	20	330	20								33					7
Streptomyceten	13	7	13	7	7						20					33

7h: Säuberung

o und m: Slit-Sampler Position A
(hinten rechts)

Legende: o-ohne SUG

m-mit SUG 360 m³/h

Die Zahlen in der Tabelle
sind Keimzahlen/m³
Luft

Tab. 14 : Zusammensetzung der Luftflora im Mäusestall

Tag und Datum : mo = Montag, 15.12.75 ; m = Dienstag, 16.12.75

SUG min. ab 8h
SUG min. seit 24h

keime	Uhrzeit:																			
	8		9		10		11		12		13		14		15		16		17	
	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m
Enterobakteriaceen	13		13				26		46				?		20				13	
andere ferm. gramneg. Stäbchen	20				?		?		7				?							
Pseudomonaden					?	54	13		7				20		20				13	
andere oxid. gramneg. Stäbchen																				
Flavobakterien																				
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe	20																			
aerobe Sporenbildner	13	13	?	?	20	20		20	20		13	13	20	13	20				(13)	?
Corynebakterien	180	0/0	180	1/40	300	200	400	200	280	260	200	430	100	210	150				1/0	1/0
andere grampositive Stäbchen				13					20				22		13					
Staphylococcus aureus	13		7		33		13		13		?		7		60				?	
Staphylococcus epidermidis	33	22	40	3/40	40	40	60	22	40	20	13	26	37	40	13			20	(13)	20
Mikrokokken		67		40									13							
Sarzinien																				
Streptokokken	134	670	100	33	200	80	134	260	60	67	20	100	33	60	26			54	(33)	26
gramnegative Kokken																				
Schimmelpilze	20		20	26	13	13	?	?	54		?	120	?	?	13			13	?	
Streptomyzeten					?	?	20	?				20								

no = Blut-Sampler position 1 (Raummitte) le
m = Blut-Sampler position 2 (vorne rechts) e
mo: 7h Brauserung
m: loh loo lruuse dazu, lhh: Desinfektion
vorraum, lrt: Liniertreu entleert

Luft () = Koch'sche Vermin-
tation, lachen

Tag und Datum :

mo = Mittwoch, 10.12.73 ; m = Mittwoch, 17.12.73
 Stg max. seit 4ch Stg min. seit 4ch

Unzeit:

Keime	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m
Enterobakteriaceen		7	7	7		7				
andere ferm.gramneg.Stäbchen										
Pseudomonaden										
andere oxid.gramneg.Stäbchen										
Flavobakterien							33			
Keime d.Alcal.-Achrom.Gruppe	40	7		20	26		13	7	7	7
aerobe Sporenbildner	93	7	7	26	20	20	7	20	13	13
Corynebakterien	334	134	13	87	174	880	107	80	113	67
andere grampositive Stäbchen									54	553
Staphylococcus aureus	13		7	26	13	20	13	26	20	40
Staphylococcus epidermidis	67	26	80	54	13	67	13	20	54	7
Mikrokokken										
Sarzinen										
Streptokokken	134	400	54	150 ^x	54	260	67	100	40	67
gramnegative Kokken									26	670
Schimmelpilze										13
Streptomyceten	80								400	33
		33	33	1070	147	13	20	7	134	33

mo = Slit-Sampler Position C (vorne links) mo = mit Stg max (360 m³/h)
 m = Slit-Sampler Position A (hinten rechts) m = mit Stg min (120 m³/h)
 x = 20 Streptokokken Gruppe A Die Zahlen in der Tabelle sind Keimzahlen/m³

Luft
 () = Koch'sche Milien-
 tationslatte

Tab. 17 : Zusammensetzung der Luftflora im Mäusestall

Tag und Datum :

o = Donnerstag, 4.12.75 ; m = Donnerstag, 11.12.75, SUG max. seit 72h

	Uhrzeit :															
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
Keime	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m
Enterobakteriaceae		13		20	13											
andere f.erm.gramneg.Stäbchen																
Pseudomonaden				60			100									
andere oxid.gramneg.Stäbchen																
Flavobakterien						13										
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe	54	?	20	?	?	?										
aerobe Sporenbildner	134		14	20	20	13										
Corynebakterien	20	134	134	14	80	113	67	134	113	46			134	146	1	
andere grampositive Stäbchen	13															
Staphylococcus aureus			?			60										
Staphylococcus epidermidis	134	20	30	140	35	20	100	40	67	35			33	100	0	
Mikrokokken																
Sarzinien																
Streptokokken	20	27	100	20	40	10					67	14	200	107	1	
gramnegative Kokken																
Schimmelpilze		230	107	20	94	?	20									
Streptomyceten	?		?		20	40					?	?	?	?		

o = Slit-Sampler position U (vorne links) m = mit SUG max (400 m³/h)
 m = 11.12.75 (vorne rechts) Die Zahlen in der Tabelle sind Keimzahlen/m³ Luft
 7h: Sauberung

Tab. 18 : Zusammensetzung der Luftflora im Mäusestall

Tag und Datum : o = Freitag, 5.12.75 ; m = Freitag, 12.12.75, SuG max. seit 96h

	Uhrzeit:													
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17				
Keime	o m	o m	o m	o m	o m	o m	o m	o m	o m	o m				
Enterobakteriaceen														
andere ferm. gramneg. Stäbchen														
Pseudomonaden														
andere oxid. gramneg. Stäbchen														
Flavobakterien	?		13	13		13								
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe	20	13	13	100	13	7	67	33	26	33	20	40	7	40
aerobe Sporenbildner	33	13	13	87	40	33	20	13	13	13	13	40	7	20
Corynebakterien	100	40	167	200	310	150	167	34	330	235	93	150	93	200
andere grampositive Stäbchen														
Staphylococcus aureus	13	54	67	33	20	7	7	20	13					
Staphylococcus epidermidis	40	13	40	20	33	40	33	7	13	33	20	33	20	13
Mikrokokken														
Sarzinien														
Streptokokken	33	80	40	134	330	200	67	67	20	33	200	46	134	100
gramnegative Kokken														
Schimmelpilze		40	13	7	20	13	7	26						
Streptomyceten	7	7		13	7						7	13		

o = Slit-Sampler position D (vorne, rechts)
m = Slit-Sampler position B (Raummitte)
Die Zahlen in der Tabelle sind Keimzahlen/m³ Luft
17 m = hoch'seher bed. stationäre, latente

o=ohne SuG
m=mit SuG (360 m³/h)
Die Zahlen in der Tabelle sind Keimzahlen/m³ Luft

Bei minimalem Luftdurchsatz ($120 \text{ m}^3/\text{h}$) durch das SUG konnten durchschnittlich 740 Keime/m^3 Luft nachgewiesen werden (Abb. 14). Die Enterobakteriazeen wurden nach 24h in der Luft nicht mehr und später stark vermindert nachgewiesen. Pseudomonaden waren nach 24h nicht mehr feststellbar (Tab. 14, 16).

3.2.4 Meerschweinchenstall

Die durchschnittliche Keimzahl in der Luft des Meerschweinchenstalles betrug $510/\text{m}^3$ (Abb. 15). Die Montag, Mittwoch und Freitag vormittags überdurchschnittlich hohen Kolonienzahlen deuten die zu diesen Zeiten stattfindenden Käfigsäuberungen an. Mittags sanken die Keimzahlen stets ab, nachmittags lagen sie niedriger als vormittags und meist konstanter, mit Ausnahme von 14 und 15h, Zeit in der der Fußboden gesäubert wurde.

Die Luftflora setzte sich aus Enterobakteriazeen, Mikrokokken, Corynebakterien, S.epidermidis und S.aureus, aeroben Sporenbildnern und vereinzelt Pseudomonaden, anderen fermentierenden gramnegativen Stäbchenbakterien, Streptomyceten und Schimmelpilzen zusammen (Tab 19).

Bei maximaler Leistung ($500 \text{ m}^3/\text{h}$) des sterilisierenden Luftentkeimungsgerätes^K konnten durchschnittlich 500 Keime/m^3 Luft festgestellt werden (Abb. 15). Die während der Käfigsäuberung auftretenden hohen Keimzahlen waren nicht mehr nachweisbar, die Höhe des Keimpiegels schwankte weniger.

Die während eines sog. "Ruhetages" - ohne Personenverkehr und Türe stets zu - ermittelte durchschnittliche Keimzahl/ m^3 Luft lag bei 390, die Zusammensetzung der Luftflora war im Vergleich zum "Normalstatus" völlig verschieden (Abb. 16). An diesem Tage fand

allerdings keine Käfigsäuberung statt. Die Luftflora bestand aus Corynebakterien, Streptokokken, Pseudomonaden, S.epidermidis und Keimen der Alcaligenes-Achromobacter-Gruppe. Vereinzelt traten andere fermentierende gramnegative Stäbchenbakterien, Enterobakteriazeen, gramnegative Kokken, Streptomyzeten und Schimmelpilze auf. Die so häufigen Enterobakteriazeen und S.aureus wurden anscheinend nur während der Käfigsäuberung in die Luft abgegeben (Tab. 20).

Um den Einfluß der Klimaanlage auf Keimzahl und Zusammensetzung der Luftflora zu untersuchen, wurde die Klimaanlage für einen Tag außer Betrieb gesetzt. Die Lüftung erfolgte nur über die Türe, das Sterisol-Umluftentkeimungsgerät^R lief mit maximaler Luftumwälzung, es fand keine Käfigsäuberung statt. Wohl durch die geringere Luftbewegung verursacht, lag die Keimzahl/m³ Luft bei 395, höhere Schwankungen traten nicht auf (Abb. 16). Während des sog. "Ruhe-tages" war der Verlauf der Keimzahl/m³ Luft ähnlich. Vermutlich werden somit durch die Klimaanlage nur wenige Keime in den Raum hineingeblasen, die in der Luft vorkommenden Keime stammen möglicherweise vorwiegend von den Versuchstieren und der Käfigeinstreu und weniger vom Pflegerpersonal.

Bei minimaler Leistung des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R lag die durchschnittliche Keimzahl/m³ Luft bei 870 (Abb. 16). Die säuberungsbedingten hohen Keimzahlen traten vermehrt auf. Die Luftflora wurde von Corynebakterien, aeroben Sporenbildnern, S.epidermidis, S.aureus, Streptokokken und Keimen der Alcaligenes-Achromobacter-Gruppe gebildet. Vereinzelt kamen Schimmelpilze, Enterobakteriazeen und Pseudomonaden vor (Tab. 19). Zur Zeit der Probenentnahme zur Bestimmung der Luftflora war das Sterisol-Umluftentkeimungsgerät^R schon 96h mit minimaler Luftumwälzung in Betrieb. Trotz Käfigsäuberung traten

Enterobakteriazeen und Pseudomonaden nur vereinzelt auf. Aerobe Sporenbildner, Corynebakterien und Keime der Alcaligenes-Achromobacter-Gruppe kamen vermehrt vor, die Anzahl der Kolonien von S.aureus blieb beinahe unverändert, Streptokokken traten vermehrt auf.

Abb. 15:

Keimzahl/m³

Luft

Meerschwein-
chenstall

200

Keimzahl/m³ Luft

1000

500

250

125

62

31

15

7

3

1

0

Uhrzeit 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20

Mo. 20.10.75

Ø 640 K/m³

Di. 21.10.75

Ø 360 K/m³

Mi. 22.10.75

Ø 540 K/m³

Do. 23.10.75

Ø 410 K/m³

Fr. 24.10.75

Ø 620 K/m³

Sa. 25.10.75

Ø 570 K/m³

So. 26.10.75

Ø 570 K/m³

SUG

SUG 360m³/h

Ø Woche: 3

500 K/m³

durch-

schnittlich

Mo. 27.10.75

Ø 595 K/m³

Di. 28.10.75

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Ø 475 K/m³

Ø 595 K/m³

Tab. 19 : Zusammensetzung der Luftflora im Meerschweinchenstall

Tag und Datum : O = Freitag, 14.11.75 ; m = Freitag, 7.11.75, SUG min. seit 96h

Keime	Uhrzeit:															
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17						
o	m	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m	o	m	o
Enterobakteriaceen	26	170	7	67	67	134	87	170	150	60	107					
andere ferm. gramneg. Stäbchen	g	13	g	g	13		7		20	7						
Pseudomonaden	o							20	26							
andere oxid. gramneg. Stäbchen	o															
Flavobakterien						7	13									
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe			54			46	134									
aerobe Sporenbildner	20d															
Corynebakterien	134	107	100	120	134	80	100	67	100	134	107					
andere grampositive Stäbchen					7											
Staphylococcus aureus	40	33	33		7	40	26	40	20	134	46	80	54			
Staphylococcus epidermidis	33	35	40		26	26	54	67	33	33	20	26	46			
Mikrokokken		134			40	74	67	67	20		33					
Sarzinien																
Streptokokken	67		13	180	26	67	67	100	67							
gramnegative Kokken																
Schimmelpilze						13	7				7					
Streptomyceten							26	33								13

Legende: o=ohne SUG
m=mit SUG min (120 m³/h)
Die Zahlen in der Tabelle
sind Keimzahlen/m³
Luft

Tab. 20 : Zusammensetzung der Luftflora im Keerschweinchenstall

Tag und Datum : mo= Dienstag, 11.11.75 ; m= Donnerstag, 13.11.75
SUG max. ab 8h SUG max. seit 48h

Keime	Uhrzeit 8		9		10		11		12		13		14		15		16		17	
	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m	mo	m
Enterobakteriaceen				20							7		13		13					
andere ferm. gramneg. Stäbchen	13		13		7		30	13	7			13		20		7				
Pseudomonaden	20	140			33		40		40		40		67		40		93		34	
andere oxid. gramneg. Stäbchen																				
Flavobakterien		20			7															
Keime d. Alcal.-Achrom. Gruppe	27	54	54	13	54		7	60			33	20	127	13	67	20	60	40	120	13
aerobe Sporenbildner																				
Corynebakterien	93	54	170	34	113		00	54	134		13	149	80	60	20	193	240	270	10	54
andere grampositive Stäbchen																				
Staphylococcus aureus																				
Staphylococcus epidermidis	20	67	45	20	20		7	20	20	33	60	20	33	20	87	54	40	60	54	40
Mikrokokken								20			33		33		13					33
Sarzinien																				
Streptokokken	40	67	60		20		54		33	40	54	67	33	80	67	200	60	100		
gramnegative Kokken		20		33					33	20	7					13	20	4		67
Schimmelpilze		20	13																10	7
Streptomyzeten		13		20			7		20		7		7						7	7

mo= "ruhetag" - kein Personalverkehr
m= Klimaanlage ab 8h aus

Legende: mo= mit SUG max (360 m³/h)
m= mit SUG max (360 m³/h)
Die Zahlen in der Tabelle
sind Keimzahlen/m³
Luft

2.6 Vergleichende Übersicht und statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse

Eine vergleichende Übersicht der Untersuchungsergebnisse vor und nach Inbetriebnahme des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R mit maximaler ($360 \text{ m}^3/\text{h}$) und minimaler ($120 \text{ m}^3/\text{h}$) Luftumwälzung ist in Tab. 21 aufgeführt.

Die statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse im t-Test ergab:

1. Im sog. "Verbrennungszimmer" besteht ein signifikanter Unterschied der Gesamtkeimzahlen/ m^3 Luft vor und nach Inbetriebnahme des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R mit maximaler und minimaler Luftumwälzung in Position A (bettnah) und Aufstellung des Slit-Sampler in Position 1 (bettfern). Die anderen Aufstellungsvarianten des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R und des Slit-Sampler ergaben keine signifikanten Unterschiede der Keimpegel. Bei maximalem Luftdurchsatz durch das SUG wurde die Raumluft ca $10\text{x}/\text{h}$, bei minimalem ca $3,5\text{x}/\text{h}$ umgewälzt.
2. Im Variolabor besteht kein signifikanter Unterschied der Gesamtkeimzahlen/ m^3 Luft vor und nach Anwendung des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R; bei maximaler Luftumwälzung passierte die Raumluft das Gerät ca $3\text{x}/\text{h}$, bei minimaler ca $1\text{x}/\text{h}$.
3. Im Mäuseversuchstierstall konnte kein signifikanter Unterschied der Gesamtkeimzahlen/ m^3 Luft vor und nach Inbetriebnahme des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R festgestellt werden; die Raumluft passierte das Gerät bei maximalem Luftdurchsatz ca $6\text{x}/\text{h}$, bei minimalem ca $2\text{x}/\text{h}$.
4. Im Meerschweinchenversuchstierstall wurde kein signifikanter Unterschied der Gesamtkeimzahlen/ m^3 vor und nach Anwendung des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R nachgewiesen; die Raumluft passierte das Gerät bei maximalem Luftdurchsatz ca $6\text{x}/\text{h}$, bei minimalem ca $2\text{x}/\text{h}$.

3. Diskussion

In den vorliegenden Untersuchungen wurde Gesamtkeimzahl und qualitative Zusammensetzung der Luftflora vor und nach Inbetriebnahme eines UV-Umluftentkeimungsgerätes (Sterisol-Umluftentkeimungsgerät^R,SUG) in unterschiedlichen Räumlichkeiten im Krankenhausbereich geprüft. Dabei sollte festgestellt werden, ob und wo das SUG zur Reduzierung der Luftkeime eingesetzt werden kann und welchen Einfluß es auf die qualitative Zusammensetzung der Luftflora ausübt.

Die Untersuchungsergebnisse zeigen die bekannte Problematik von Luftkeimanalysen auf: Keimpegel und Flora der Luft unterliegen dem Einfluß einer Reihe unterschiedlicher Faktoren.

Eine entscheidende Rolle spielen dabei Sammelmethoden und verwendete Nährbodenarten, aber auch Bebrütungsdauer und -temperatur der exponierten Nährböden. Direkte Vergleiche sind nur bei Anwendung gleicher Verfahren und Vorliegen gleicher oder vergleichbarer Voraussetzungen möglich.

Bebrütungsdauer (24 bis 120h) und -temperatur (22° oder 37°) beeinflussen die qualitative und quantitative Keimausbeute. Bei 22° entwickeln sich z. B. Staphylokokken und Enterobakteriazeen langsamer, bei einer längeren Bebrütungsdauer können Schimmelpilze und aerobe Sporenbildner die Nährbodenoberfläche überwuchern, GONZENBACH et al. (23) fanden die höchsten Keimzahlen nach 120stündiger Bebrütung bei 22°. Die bei den Vorversuchen unter gleichen Bebrütungsbedingungen ermittelten, teilweise doppelt so hohen Kolonienzahlen gingen vorwiegend zu Lasten von Schimmelpilzen, welche die Nährbodenoberfläche schon frühzeitig überwuchsen und dadurch die Auswertung verhinderten.

Selektivnährböden erwiesen sich zur Bestimmung der Luftflora als wenig geeignet. BAIRD-PARKER, Mannit-Koch-

salz und MACCONKEY-Agar zeigten in den Vorversuchen eine zur Differenzierung der Luftflora nicht ausreichende Selektivität. Auf diesen Nährböden wuchsen außer den erwarteten Keimen stets eine Vielzahl anderer Kolonien mit weitgehender Ähnlichkeit. So konnten manchmal auf BAIRD - PARKER-Agar Corynebakterien nicht von Staphylokokken und auf MACCONKEY-Agar Staphylokokken nicht von gramnegativen Stäbchenbakterien aufgrund des Kolonienbildes unterschieden werden.

Eine Korrelation der Kolonienzahlen auf Optimal- und Selektivnährböden konnte, wie erwartet, nicht festgestellt werden. So wuchsen auf Blutagar stets mehr Staphylokokken und gramnegative Stäbchenbakterien als auf dem entsprechenden Selektivnährboden. BOUND und ATKINSON (6) fanden MACCONKEY-Agar zufriedenstellend bei der Isolierung von E.coli aus der Luft, in den vorliegenden Untersuchungen konnte dies nicht festgestellt werden. KINGSTON (50) meinte, daß Selektivnährböden bei der Luftkeimsammlung eine besondere Beurteilung erfordern.

Der fehlende Nachweis von Anaerobiern in der Luft dürfte wohl weniger auf eine geringere Ausscheidung und mehr auf ein mögliches Absterben dieser Keime während des Lufttransportes oder die nicht stattfindende Entwicklung auf dem angebotenen Nährboden zurückzuführen sein.

Bei Anwendung des Slit-Sampler werden, im Vergleich zu anderen Luftkeimsammelverfahren, geringere Gesamtkeimzahlen nachgewiesen. So fand GEBHARDT (20) einen modifizierten Casella-Schlitzsampler zur quantitativen Luftkeimzahlbestimmung nur bedingt geeignet. Im Vergleich zum Standard-Impinger AGI 30 (Bezugsgröße = 100%) wies er im gesamten Durchschnitt mit dem Slit-Sampler eine Sammelleistung von nur 32%, HILLIGER (36) sogar nur 27% nach. Bei GEBHARDT (20) lag die Streuung der Einzelwerte dabei doppelt so hoch wie beim Impinger.

Beim Impinger wird angenommen, daß Keimkonglomerate gespalten oder beim Vorhandensein keimbeladener Partikel alle Keime zur Entwicklung kommen. Beim Schlitzsammelverfahren liegen aus diesem Grunde die Keimzahlen auch stets niedriger. Hier setzt sich anscheinend beim Vorliegen eines Keimkonglomerates aus verschiedenen Keimarten, eines Staphylokokkenhaufens oder einer Streptokokkenkette nur ein Keim durch. Aber es konnten auch aus S.epidermidis und S.aureus gebildete kreissegmentähnliche Kolonien beobachtet werden.

Nach MÜLLER und GÄRTNER (59) ist die "schlechtere" quantitative Luftkeimausbeute des Slit-Sampler möglicherweise systembedingt und beruht nicht auf einem mangelhaften Keimniederschlag auf dem Nährboden. WANNER und DEUBER (71) fanden hingegen beim Slit-Sampler um 20% höhere Gesamtkeimzahlen als mit dem GREENBURG-SMITH-Impinger.

GEHARDT (20) bescheinigt dem Slit-Sampler eine sehr gute Eignung zur qualitativen Luftkeimgehaltsbestimmung und einen geringen Aufwand an Arbeit und Untersuchungsmaterial.

Ein weiterer möglicher Nachteil des Slit-Sampler im Vergleich zu anderen Verfahren der Luftkeimsammlung ist die bei den vorliegenden Untersuchungen verwendete Expositionsdauer von 5 min; beim Impingerverfahren z. B. wird zwar nicht mehr Luft angesaugt, die Sammelflüssigkeit wird aber über einen längeren Zeitraum exponiert. Die mit dem Slit-Sampler ermittelten Luftkeimwerte zeigen nur die Augenblickslage an, schon wenige Minuten später können sich, je nach durchgeführter Tätigkeit, ganz andere Verhältnisse ergeben. Dieser "Nachteil" könnte durch zeitlich kurz aufeinanderfolgende Messungen, welche die Schwankungsbreite der ermittelten Werte besser veranschaulichen würden, aufgehoben werden.

Die Zusammensetzung der Luftflora in einem Raum während eines Tages und im Laufe einer Woche erwies sich als annähernd gleichförmig. Höhere Keimzahlen (z.B. bei Reinigungsmaßnahmen) wirkten sich auf die qualitative Zusammensetzung der Luftflora nur insoweit aus, als vermehrt gramnegative Stäbchenbakterien oder Corynebakterien auftraten, ansonsten blieb die prozentuale Zusammensetzung der Luftflora annähernd dieselbe.

Die Anzahl der differenzierten Kolonien beträgt des öfteren bei höheren Gesamtkeimzahlen nur 50-500. In diesen Fällen waren auf den Nährböden stets eine Vielzahl unterschiedlicher Kolonien gewachsen, deren Auswertung im einzelnen aus arbeitstechnischen Gründen und wegen den möglicherweise zu erwartenden Ergebnissen nicht gerechtfertigt schien. Darunter befanden sich aber keine "interessanten" Keime wie pathogene Staphylokokken, Enterobakteriaceen oder Pseudomonaden.

Bei den Untersuchungen der Luftflora konnte eine Abhängigkeit der Kolonienzahl auf den exponierten Nährböden und bestimmter Luftkeime (z.B. Enterobakteriaceen) und der Anzahl und Tätigkeit (z.B. Käfigsäuberung) der anwesenden Personen oder Tiere festgestellt werden. Die Befunde von HUTCHE (35), GRÜN (27), SCHHARDT (14) und KANZ (47) konnten somit bestätigt werden.

Die Höhe des Luftkeimgehalts in einem Raum hängt jedoch auch vom hygienischen Standard ab. Da Keime unter anderem auch im Staub vorkommen und darin lange überleben können, wie GUNDERMANN (30) angab, besteht zwischen Staubbildung und -aufwirbelung und Keimgehalt der Luft ein direktes Verhältnis. Auch GEBHARDT (20) wies eine positive Korrelation zwischen Luftkeimgehalt und Staubgehalt nach. Aus technischen Gründen konnte bei der Durchführung vorliegender Untersuchungen der Staubgehalt der Luft nicht berücksichtigt werden.

Eine vermehrte Tätigkeit und Bewegung der Personen oder Tiere in einem Raum hat somit zwangsläufig bei schlechteren hygienischen Verhältnissen höhere Luftkeimwerte zur Folge. Kommen aber mehr Keime in der Luft vor, so ist auch die Chance größer, daß sie auf ein infektionsfähiges Substrat treffen. Offen bleibt, ob der Keimpegel in der Luft lüftungsbedingt oder von Keimquellen innerhalb des Raumes stammt, wahrscheinlich sind beide Annahmen richtig. (Vergleiche Untersuchungsergebnisse im Meerschweinchenstall während des sog. "Ruhetages" und des Tages, an dem die Klimaanlage ausgeschaltet war, Tab. 19).

Der erste Schritt zur Bekämpfung der Luftkeime ist eine verbesserte Raumhygiene. Die aufwendigsten Maßnahmen zur Abtötung der Luftkeime und zur Verhinderung der durch die Luft übertragenen Infektionen wie Klimaanlage, UV-Bestrahlung oder Vernebelung von Desinfektionsmitteln u.a. und deren Erfolg hängen in erster Linie von einer guten Grundsauberkeit ab. GRÜN (27) fand eine optimale Luftkeimverminderung nur in Verbindung mit der Staubbekämpfung, KANZ (45) sieht im Staub eine der hauptsächlichsten Keimquellen. GUNDERMANN (29) weist darauf hin, daß z. B. die Lüftung nicht die hygienischen Fehler aufhebt und daß die Verhinderung der Keimstreuung am wichtigsten ist.

Nach TOLON und BOTZENHARDT (68) ist die Anwendung von UV-Strahlen zur Bekämpfung der Luftkeime aus diesem Grunde auch umstritten. Trotz hervorragender experimenteller Ergebnisse ist der Einsatz von UV-Strahlern in Form direkter oder indirekter Raumausstrahlung, Strahlenschranken oder in Klimaanlage nicht immer effektiv. Möglicherweise werden an die Anwesenheit von UV-Strahlern zu hohe Erwartungen geknüpft und die übrigen, unbedingt nötigen Desinfektionsmaßnahmen nicht rigoros durchgeführt.

Nach HETTICHE (35) kann eine 100%ige Entkeimung der Luft durch UV-Strahlen nicht erzielt werden, da sich die Keimzahl nur asymptotisch dem Nullpunkt nähert; trotzdem kann nach seinen Erkenntnissen durch unmittelbare UV-Be-

strahlung der Raumluft eine stärkere Luftkeimreduzierung erzielt werden als durch Einführung keimfreier Luft. MEYER und SELB (58) hingegen sind entgegengesetzter Meinung. Dieses ist möglicherweise einer der Gründe, warum bei Anwendung des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R z. T. relativ unbefriedigende Ergebnisse erzielt wurden.

Wegen der geringen Penetrationsstärke der UV-Strahlen ist die Abtötung der an Staub gebundenen Keime nicht immer gewährleistet. Obwohl nach KALICH und STARK (44) auch stark verstaubte UV-Brenner einen Teil der Luftkeime abtöten können, ist eine regelmäßige Pflege und Säuberung, und wegen der begrenzten Dauer der Abgabe keimtötender Strahlen (noch nach Jahren senden UV-Lampen zwar blaues, aber nicht mehr keimabtötendes Licht aus) auch die Messung der Bestrahlungsstärke nötig. Nach Angaben der Firma Original Hanau Quarzlampen GmbH beträgt die Leistung ihrer UV-Brenner nach ca. 8000 Betriebsstunden noch 60% der Ausgangsleistung.

Nach GUNDERMANN (29) sind die UV-Strahler nur ein Teil der gesamten nötigen Desinfektion, deren Hauptanliegen ja die Beseitigung der Keimquellen ist.

Da die UV-Strahlen nicht nur eine keimabtötende Wirkung haben, sondern bei längerem Aufenthalt von Personal oder Tieren auch Erytheme und Conjunktivitiden verursachen, sind entsprechende Schutzmaßnahmen erforderlich. Einen Beitrag zur Lösung dieses Problems leistet das Sterisol-Umluftentkeimungsgerät^R: bei dessen Anwendung findet keine direkte Bestrahlung von Haut und Augen statt, es wird aber eine Luftkeimverminderung angestrebt.

Der experimentell von K.M. (47) durch einmalige Testkeimverstäubung ermittelten 100%igen Abtötung der Luftkeime durch das Sterisol-Umluftentkeimungsgerät^R innerhalb von Minuten, bei direkter Luftdurchleitung sofort, steht die in der Praxis kontinuierliche Keimausscheidung gegenüber. Eine völlige Abtötung der Luftkeime ist aus diesem Grunde nicht möglich, eine ständige und möglichst

hohe Reduzierung aber erstrebenswert. Selbst eine Erhöhung des Luftkeimpegels könnte in Kauf genommen werden, wenn diese Erhöhung zu Lasten apathogener Keime geht und potentiell pathogene Keime abgetötet werden.

Die von KANZ (47) durch Sedimentationsplatten ermittelten Luftkeimwerte in einer Intensivstation konnten bei maximaler Luftumwälzung des SUG auf 37-57% der Ausgangswerte gesenkt werden, mit Slit-Sampler gemessen auf 54% und mit Andersen-Sampler gemessen auf 49%, annähernd gleich bei Partikelgrößen von 1 bis über 8 μm , keine Reduktion bei Partikeln unter 1 μm .

Solch hohe Luftkeimreduktionen konnten in den vorliegenden Untersuchungen, außer im sog. "Verbrennungszimmer", nicht nachgewiesen werden, obwohl die Räume durchwegs kleiner als der von KANZ (47) angegebene waren.

Paradoxiereise war die Reduktion der Luftkeimwerte bei minimaler (120 m^3/h) Luftumwälzung des SUG, mit Ausnahme des klimatisierten Meerschweinchenstalles, höher als bei maximaler (360 m^3/h). Dies könnte durch die verminderte Staubaufwirbelung erklärt werden, obwohl der spürbare Luftzug oberhalb des Gerätes, bedingt durch Filter und Schalldämpfer, relativ gering ist.

Da die UV-Strahlen aber nur eine geringe Penetrationsstärke haben, könnte ein Staubmantel die Mikroorganismen, zumal bei hoher Durchsauggeschwindigkeit im Sterisol-Umluftentkeimungsgerät^R, schützen. Bei minimaler Luftumwälzung des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes^R könnte aber auch die Trefferwahrscheinlichkeit der UV-Strahlen auf die Mikroorganismen größer sein, da diese länger im Gerät verweilen als bei maximaler Luftumwälzung.

Die meisten Keime der Luftflora wie Corynebakterien, S.epidermidis, aerobe Sporenbildner, Schimmelpilze, Streptokokken werden durch das SUG nicht beeinflusst. Am empfindlichsten erwiesen sich die gramnegativen Stäbchenbakterien. S.aureus wurde meist abgetötet, war aber nicht selten nach Inbetriebnahme des Sterisol-Umluftent-

keimungs-gerätes^R vermehrt in der Luft nachweisbar. Selbst wenn dieser Keim erst beim Betrieb des Gerätes ausgeschieden wurde, so hätte er doch abgetötet werden müssen.

Die nach Inbetriebnahme des SUG nachgewiesenen Werte sind mit den vorher festgestellten nur bedingt vergleichbar, da sie ja zu verschiedenen Zeiten ermittelt wurden. Da jedoch die Tätigkeiten und der allgemeine Arbeitsablauf während der Dienstzeit in den allermeisten Fällen sehr ähnlich ist, sind die Ergebnisse verwertbar.

Aufgrund vorliegender Untersuchungen sind die Einsatzmöglichkeiten des SUG anscheinend beschränkt. Eine befriedigende Leistung d.h. Reduzierung der Gesamtluftkeimzahl oder Abtötung potentiell pathogener Keime konnte im sog. "Verbrennungszimmer" festgestellt werden. Dieses Ergebnis deutet den möglichen Einsatz des Gerätes an. Das völlige Verschwinden von S.aureus, Enterobakteriaceen und Pseudomonaden aus der Luft eines Raumes, in dem ein für Infektionen besonders anfälliger Patient liegt, ist erstrebenswert.

Der Einsatz des SUG scheint nur in relativ kleinen Räumen mit einem Rauminhalt von 35-40 m³ sinnvoll. Diese Feststellung ist im Gegensatz zu den Ergebnissen von KANZ (47), der relativ hohe Luftkeimreduktionen in einem 150 : 4 großen Intensivpflegeraum erzielte. In größeren Räumen die Luftumwälzung/h durch das SUG zu gering ist oder ob die schon durch die Klimaanlage bedingte Luftbewegung die Leistung des Gerätes in der Keimabtötung behindert, muß offen gelassen werden. Anzunehmen bleibt, daß eine geringere Luftumwälzung als 10 x/h durch das SUG unter den gewählten experimentellen Bedingungen anscheinend bei der Luftkeimreduzierung nicht wirkungsvoll genug ist.

Der Aufstellungsort des SUG im Raum scheint auch nicht unwichtig zu sein. Die Plazierung des Gerätes in einer

Ecke des Raumes könnte ungünstiger sein, während die möglichst nahe Aufstellung an den vermutlichen Keimquellen, das Ansauggitter diesen zugewendet, die Verstreuerung der Keime im Raum und somit hohe Keimpegel verhindern könnte.

Die alleinige Anwendung des SUG zur Verhütung der Übertragung von Infektionen auf dem Luftwege dürfte nicht ausreichen. Erstrebenswert wäre eine Verhinderung der Staubbildung und eine Bekämpfung der Staubquellen in Kombination mit einer möglichst feinporigen Filterung und Waschung oder Desinfizierung der Luft.

In Verbindung mit einer guten Grundsauberkeit und der Staubbekämpfung stellt das SUG in relativ kleinen Räumen, in denen räumliche oder finanzielle Probleme aufwendigere Maßnahmen zur Luftkeimreduzierung nicht ermöglichen, eine sinnvolle und leicht zu handhabende Ergänzung dar.

4. Zusammenfassung

1. Angesichts der Bedeutung der Übertragung von pathogenen Keimen auf dem Luftwege und dem zunehmenden Hospitalismusproblem wurde die luftkeimreduzierende Wirkung eines UV-Umluftentkeimungsgerätes untersucht.

2. Mit Hilfe eines Schlitzsammlers wurde die Höhe des Keimpegels und die qualitative Zusammensetzung der Flora in der Luft eines sog. "Verbrennungszimmers", eines bakteriologischen Labors, eines nichtklimatisierten Mäuse-Versuchstierstalles und eines klimatisierten Meerschweinchen-Versuchstierstalles vor und nach Inbetriebnahme des Sterisol-Umluftentkeimungsgerätes (STG) mit minimaler ($120\text{m}^3/\text{h}$) und maximaler ($360\text{m}^3/\text{h}$) Luftumwälzung festgestellt.

3. Die Proben wurden in stündlichen Abständen während der Dienstzeit von Montag bis Freitag entnommen. Als Nährboden wurde Blutagar, 48h bei 37°C bebrütet, verwendet. Die Auswertung der bebrüteten Nährböden erfolgte quantitativ mittels Kolonienzählung und eingehend qualitativ mittels üblicher bakteriologischer Untersuchungstechniken.

Als wesentliche Untersuchungsergebnisse werden festgehalten:

4. In Slit-Sampler ausgelegte Selektivnährböden erwiesen sich zur qualitativen Auswertung der Luftflora als wenig geeignet.

5. Die Höhe des Keimpegels in der Luft der untersuchten Räumlichkeiten steht in einem direkten Zusammenhang mit der Anzahl und Tätigkeit der anwesenden Personen oder Tiere.

6. Die Luftflora ist zu den verschiedenen Stunden eines Tages relativ gleichförmig zusammengesetzt. In Abhängigkeit von Bewegung und Tätigkeit der anwesenden Personen oder Tiere treten einzelne Keimarten besonders hervor (z.B. bei Käfigsäuberung Enterobakteriazeen)

7. Im sog. "Verbrennungszimmer" befanden sich durchschnittlich 68 Keime/m³ Luft, die Luftflora bestand aus S.epidermidis, Corynebakterien, aeroben Sporenbildnern, Keimen der Alcaligenes-Achromobacter-Gruppe und vereinzelt gramnegativen Kokken, Schimmelpilzen, Streptokokken, S.aureus u.a. Bei maximaler Luftumwälzung durch das SUG konnten durchschnittlich 36 Keime/m³ Luft bei bettnaher und 42 bei bettferner Aufstellung nachgewiesen werden; bei minimaler Luftumwälzung 29. Enterobakteriazeen und S.aureus verschwanden dabei völlig aus der Luft. Die bettnahe Aufstellung des SUG mit maximaler Luftumwälzung ergab statistisch signifikante Unterschiede der Keimpegel.

8. Im bakteriologischen Labor kamen durchschnittlich 215 Keime/m³ Luft vor, hauptsächlich S.epidermidis, Streptokokken, Corynebakterien, aerobe Sporenbildner, Schimmelpilze und vereinzelt gramnegative Stäbchenbakterien und -kokken. Bei maximaler Leistung des SUG wurden durchschnittlich 197 Keime/m³ Luft, bei minimaler Leistung 180 festgestellt. Dabei verschwanden aus der Luft gramnegative Stäbchenbakterien, S.aureus wurde vermehrt nachgewiesen.

9. Im nichtklimatisierten Mäusestall traten durchschnittlich 860 Keime/m³ Luft auf, die Luftflora bestand aus Corynebakterien, Streptokokken, S.epidermidis, gramnegativen Stäbchenbakterien, aeroben Sporenbildnern, weniger S.aureus, Streptomyzeten und gramnegativen Kokken. Das SUG bewirkte bei minimaler Luft-

umwölzung durchschnittliche Keimzahlwerte/m³ Luft von 740, dabei traten weniger S.epidermidis und mehr S.aureus auf, und bei maximaler 860.

10. Im klimatisierten Meerschweinchenstall befanden sich durchschnittlich 510 Keime/m³ Luft, vorwiegend Enterobakteriazeen, Corynebakterien, S.epidermidis, Mikrokokken und S.aureus, vereinzelt aerobe Sporenbildner, Schimmelpilze u.a.

Bei maximalem Luftdurchsatz des SUG konnten durchschnittlich 500 Keime/m³ Luft, bei minimalem Luftdurchsatz 870 nachgewiesen werden. S.aureus verschwand völlig aus der Luft, die Enterobakteriazeen wurden stark reduziert.

11. Im allgemeinen erwiesen sich gramnegative Stäbchenbakterien dem SUG gegenüber als empfindlich, Staphylokokken zeigten ein unterschiedliches Verhalten, die Anzahl der anderen Luftkeime wurde nicht beeinflusst.

12. Aufgrund der Untersuchungsergebnisse und der gewählten experimentellen Bedingungen erwies sich das SUG nur in relativ kleinen Räumen (bis 40 m³) als sinnvolle Maßnahme zur Abtötung pathogener Keime und zur allgemeinen Herabsetzung des Luftkeimpegels, allerdings nur in Verbindung mit der Bekämpfung einer der wichtigsten Keimquellen, dem Staub.

4. Summary

1. The significance of the transfer of pathogen microorganisms through the air is a known fact. The hospitalism problem is today increasing. Considering these facts, the reducing effect of airborne microorganisms by a uv-air-sterilisation apparatus (SUG) will be examined.

2. Using a slit-sampler, quantity of airborne microorganisms and qualitative composition of air flora before and after using the uv-sterilizer with minimal ($120 \text{ m}^3/\text{h}$) and maximal ($360 \text{ m}^3/\text{h}$) air circulation was tested in a so called "burns-room", a bacteriological laboratory, a non-climatized experimental mouse-room and a climatized experimental guinea-pig-room.

3. The samples were taken hourly from Monday until Friday during the working hours. For the cultivation of microorganisms blood-agar was used, brooded 48 h at 37°C . The evaluation of the cultivated plates was determined quantitatively by a colony count and quantitatively detailed with usual bacteriological methods.

The essential experimental results were:

4. Selective cultivation substrates proved unfit for the qualitative differentiation of air flora with a slit-sampler.

5. The height of the airborne microorganisms count in the examined rooms is directly dependent upon number and activity of the present persons or animals.

6. The air flora on different hours of a day is relatively similar. Depending upon movement and activity of the persons or animals presents, some microorganisms stand out (i.e. by cage cleaning, Enterobacteriaceae).

7. In the so called "burns-room" $68 \text{ microorganisms}/\text{m}^3$ air was the average found, the air flora consisted of S.epidermidis, Corynebacteriae, aerobic sporeforming bacteria, microorganisms from the Alcaligenes-Achromobacter-Group and single gramnegative cocci, moulds, Streptococci, S.aureus a.o.. By maximal air circulation through the SUG an average of $36 \text{ microorganisms}/\text{m}^3$ air

- was found near the bed, by minimal air circulation 29. Enterobacteriaceae and S.aureus disappeared from the air.
8. In the bacteriological laboratory there was an average of 215 microorganisms/m³ air, mostly S.epidermidis, Streptococci, Corynebacteriae, aerobic sporeforming bacteria, moulds, and singularly gramnegative rods and -cocci. With maximal air circulation through the SUG an average of 197 microorganisms/m³ air was determined, with minimal 180. Gramnegative rods disappeared, S.aureus increased.
9. In non climatized mouse-room 860 microorganisms/m³ air existed an average, the air flora consisted of Corynebacteriae, Streptococci, S.epidermidis, gramnegative rods, with less S.aureus, Streptomycetae and gramnegative cocci. The effect of the SUG with minimal air circulation was an average of 740 microorganisms/m³ air, of that was less S.epidermidis and more S.aureus to be found, by maximal 800.
10. In the climatized guinea-pig-room an average of 510 microorganisms/m³ air existed, more Enterobacteriaceae, Corynebacteriae, S.epidermidis, Micrococci and S.aureus and singularly aerobic sporeforming bacteria and moulds. By maximal air circulation through the SUG there was an average of 500 microorganisms/m³ air, and by minimal 370. S.aureus disappeared completely from the air, the Enterobacteriaceae were very reduced.
11. Gramnegative rods proved in general sensitive to SUG, Staphylococci shows different behaviours, and other airborne microorganisms were not affected.
12. In view of the experimental results and the choice of the experimental conditions the SUG is a effective killer of patogen microorganisms and a general reductor of airborne microbe count only in relatively small rooms (up to 40 m³), but only in combination with the combatance against one of the most important sources of airborne microorganisms, dust.

5. Literaturverzeichnis

1. Albrecht, J.: Zur quantitativen Bestimmung von Luftkeimen
Arch.Hyg. 139, 109, 1955
2. Anderson, W.T.: UV sanitary ventilation
Heating and Ventilating 44/4, 63, 1947
3. Anonym: Council on Physical Therapy: UV-lamps for
disinfecting purposes.
J. Amer. Med.Ass. 123/2, 92, 1943
4. Anonym: Council on Physical Medicine: Acceptance of
UV-lamps for disinfecting purposes
J. Amer. Med.Ass. 137, 1600, 1948
5. Anonym: Difco supplementary literature
Difco laboratories, Detroit, USA, 1968
6. Bound, W.H., R.J., Atkinson: Bacterial aerosol from
water closets.
Lancet i, 1369, 1966
7. Bourdillon, R.B., L., Colebrock: Air hygiene in
dressing rooms for major wounds
Lancet i, 561 und 601, 1946
8. Bourdillon, R.B., O.M., Lidwell: Studies in Air
Hygiene
Medical Res. Council, Spec. Rep.
Series 262, 1948
9. Buchanan, R.F., N.E., Gibbons: Bergey's Manual of
Determinative Bacteriology
8-th ed., Williams & Wilkins, Baltimore, 1974
10. Buttolph, L.J.: Physical basis of air desinfection by
UV-energy
Arch.Physic. Therap. 25, 671, 1944
11. Coblenz, W.W.: Standardisation of UV-lamps used as
sources of germicidal radiation
Aerobiology, Amer.Assoc. Advancement of
Science, Washington, Publication Nr. 17, 138, 1942

12. Dennington, A.K.: Uses of UV-rays in pharmacy
J.Amer. pharmac. Assoc. 5/11, 337, 1944
13. Dunklin, E.W., T.T., Puck: J. exp. Med. 88, 87, 1943
14. Eckhardt, R.: Praktische Massnahmen zur Verhütung
des Hospitalismus in der Operations-
abteilung mit besonderer Berücksichti-
gung der Luftdesinfektion
Med.Diss., München, 1965
15. Eucimyer, H.: Der unbewaltigte Hospitalismus
Krankenhausumschau 42/7, 1972
16. Ehrlsmann, O., W., Koethling: Über die baktericide
Wirkung monochromatischen Lichtes
Zschr. Hyg. 113, 597, 1962
17. Elsner, R.: Untersuchungen über die mikrobielle
Kontamination von Teppichsaug
Med. Diss. Frankfurt/a. 1973
18. Ewerbeck, H., H., Braun: Z. Kinderheilk. 73, 274, 1953
19. Fahr, E.: Instrumentelle Analytik. Neue Möglichkeiten
zur Untersuchung der Einwirkung von UV-
Strahlung auf biologische Objekte
9. Hanauer UV-Tagung, 1973
20. Gebhardt, H.: Zur Problematik von Luftkeimgehalts-
bestimmungen in Tierställen mit Hilfe
des Standard-Inpingers und des Casella-
Schlitzsammlers und der Erfassung der
Luftkeime
Agr. Diss. Hohenheim 1973
21. Gehrke-Manning, J.E.: Aseptic environmental control
VK-Information der CLAG-Reine Räume 1969
22. Gesellschaft für Versuchstierkunde: Planung, Struktur
und Errichtung von Versuchstierbereichen
tierexperimenteller Institutionen
2. Aufl. Basel, 1974

23. Gonzenbach, G., L.B., Wanner, N., Ganzoni: Luftkeim-
zählbestimmung in einer Behandlungsstation
für Schwerverbrannte
Zbl. Bakt. Abt. I Orig. A, 228, 1, 1974
24. Gordon, W.A.H.: Environmental studies in pighousing
Brit. Vet. J., 119, 219, 1963
25. Greene, V.W., D., Vesley, R.G., Gond, G.S., Michaelssen:
Microbiological contamination of hospital
air
Appl. Microbiol., 10, 561 und 567, 1962
26. Gregory, F.H.: The Microbiology of the Atmosphere
Leonhard Hill, London, 1961
27. Grün, L.: Zum Problem der Luftdesinfektion unter
besonderer Berücksichtigung neuerer
physikalischer und chemischer Verfahren
Zrg. Hyg., 29, 623, 1955
28. Grün, L., N., Ritz: UV-Strahlen in Düsenkammern von
Klimaanlagen in Krankenhäusern
Zbl. Bakt. Abt. I Orig. B 159, 50, 1974
29. Gundermann, K.O.: Krankenhaushygiene und infektiöser
Hospitalismus
Habil. Schrift, Kiel, 1969
30. Gundermann, K.O.: Untersuchungen zur Lebensdauer von
Bakterienstämmen in Staub unter dem Ein-
fluss unterschiedlicher Luftfeuchtigkeit
Zbl. Bakt. Abt. I Orig. B, 156, 422, 1972
31. Gundermann, K.C.: Künstliche Belüftung und Luftkeim-
gehalt im Krankenhaus
Zbl. Bakt. Abt. I Orig. A, 227, 542, 1974
32. Gundermann, K.O.: Untersuchungen zur Reduzierung des
Luftkeimgehaltes in Räumen mit kontinuier-
licher Keimfreisetzung
Zbl. Bakt. Abt. I Orig., 159, 31, 1974
33. Gundermann, K.O.: Die Keimbelastung in verschiedenen
Krankenhausbereichen
Zbl. Bakt. Abt. I Orig. B, 159, 231, 1974/2

34. Kabs-Seeliger: Bakteriologisches Taschenbuch
Johann Ambrosius Barth, München 1967,
36. Auflage
35. Kettche, F.S.: Die Anwendung des UV-Lichtes zur
Luftentkeimung
Münchenenermed. Wschr., 92, 790, 1955
36. Milliger, L.G.: Die Eignung des Osella-Schlitzsammlers
für den Bakteriennachweis in der Stallluft
Gesd.-Ing., 90, 51, 1969
37. Hoffmann, H., W., Richter: Der Keimgehalt der Luft -
ein beachtenswerter Faktor in Schweine-
mastställen bei Einsatz von staubförmigem
Trockenfutter
Mhefte Vet.med., 19, 567, 1964
38. Hoffmann, K.: Bakteriologische Probleme bei Klimaaan-
lagen im Krankenhaus
Öff. Ges.wes., 35, 74, 1973
39. Hurtienne, H.: Vergleiche zwischen mehreren Verfahren
zur Bestimmung des Keimgehaltes der Stall-
luft unter verschiedenen Bedingungen
Vet.Med. Diss., Berlin, 1967, Nr. 572
40. Jawetz, E., J.L., Melnick, L.A., Adelberg: Medizinische
Mikrobiologie
Springer, Berlin, 1973, 3. Auflage
41. Jennison, M.W.: Atomising of mouth and nose secretions
into the air as revealed by high-speed
photography
In Houlton, pp. 100, 1942
42. Junge, C.: Ann Meteon, 4, 40, 1951
43. Junginger, K.L.: Sterisch-Luft, oder t
9. Hanauer UV-Tagung, 1973
44. Kellner, G., K., Stark: Möglichkeiten und Grenzen der
UV-Entkeimung der Stallluft
9. Hanauer UV Tagung, 1973
45. Kanz, E.: Staub als Bakterienträger in Arbeitsräumen
Staub-Reinhaltung der Luft, 26/8, 318, 1966

46. Kunz, E.: Bekämpfungsmaßnahmen für Infektionen im Operationsbereich und auch der Intensivpflegestation
Arch. Hyg., 154, 188, 1970
47. Kanz, E.: UV-Luftentkeimung im Operationssaal und in Spezialpflegebereichen
Der Krankenhausarzt, 47/9, 1974
48. Kempmann, M.: Vergleichende Untersuchungen zur Luftkeimgehaltsbestimmung mit dem Standard-Iminger-Verfahren und dem Gelatinefilter-Verfahren in einem Legehennenstall
Vet.Med.Diss., FU Berlin, 1970, Nr. 700
49. King, E.: The identification of unusual pathogenic gramnegative bacteria
Communicable Disease Center,
Atlanta, Georgia 30333, 1967
50. Kingston, D.: Selective media in air sampling: a review. J. appl.Bact. 34/1, 221, 1971
51. Kuhlkamp, F.: Die Luftverkeimung auf Säuglingsstationen und ihre Bekämpfung
Med.Diss., Köln, 1965
52. Laurell, G., G., Löfström, J.H., Magnusson, Ö., Ouchterlony: Acta med. scand., 3, 136, 1949
53. Lea, D.E., R.B., Haines: The bactericidal action of UV-light
J.Hyg., London, 40/2, 162, 1940
54. Luckiesh, M., A.H., Taylor, T., Knowless, E.T., Leppelmeier: Inactivation of moulds by germicidal UV-energy
J. Franklin Inst., 248, 311, 1949
55. Machala, O.: Zur Detektion der mikrobiellen Aerosole mit der Membranfiltermethode
Zb. biol. Aerosol-Forsch., 12, 519 1965

56. Matz, K., H.H., Schassen: Der Einfluß von UV-Bestrahlung auf die Luftkeimzahl im Operationsraum
Das Krankenhaus 2, 349, 1968
57. Mehlhorn, G.: Wirkung der UV-Strahlen auf Mikroorganismen und deren Einsatz zur Desinfektion; in Kurzweg, W., K., Winkler (Hrsg.): Künstliche U V-Strahlung in der Tierproduktion, Reihe: Angewandte Tierhygiene, Band 4, VEB Fischer, Jena, 1974
58. Meyer, A.E., E.O., Seitz: Ultraviolette Strahlen
de Gruyter & Co., Berlin, 1949
59. Müller, W., E., Gärtner: Ein tragbarer Schlitzsammel zur Luftkeimzahlbestimmung in Nutztierställen
Berliner Münchener tierärztl. Wschr., 87, 46, 1974
60. Ostertag, H.: Die hygienische Überwachung der klimatisierten aseptischen Bereiche im Krankenhaus
Zbl.Bakt. Abt. I Orig. B, 157, 1, 1973
61. Petras, E., A., Ullrich: Mikroorganismen im UV-Licht Beispiele angewandter Forschung,
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., 118, 1965
62. Rajewsky, B.: Medizin, Biologie und Technik der ultra-violetten Strahlung
Wissensch. Nachr. Quarzlampen, 4, 1965
63. Reifferscheid, H.: Zur Methodik der Keimgehaltsbestimmungen der Luft
Ber. Dtsch. Wetterdienstes US-Zone, 6, 256, 1952

64. Reckzeh, G., W., Döntenwill: Zur Frage der quantitativen Bestimmung von Luftkeimen in Klimaanlage an Modell einer nach dem geschlossenen System gebauten tierexperimentellen Abteilung
Zbl. Bakt. Abt. I Orig. B, 157, 227, 1973
65. Russenberger, H.J., H.U., Wanner: Keimgehalt der Raumluft in Abhängigkeit des Luftwechsels
Zbl. Bakt. Abt. I Orig. A, 227, 564, 1974
66. Sharp, D.G.: The letal action of short UV-rays on several common pathogenic bacteria
J. Bact., 37, 447, 1939
67. Smith, J.F.D.: The killing of bacteria with UV-light
J. Franklin Inst., 229, 774, 1940
68. Tolon, M., K., Botzenhardt: Versuche zur Wirksamkeit von UV-Strahlern zur Luftentkeimung im Krankenhaus
Öff.Ges.Wes., 36, 799, 1974
69. Wacker, A., H., Dellweg, D., Weinblum: Strahlenchemische Veränderung der Bakterien-Desoxyribonucleinsäure in vivo (1 und 2)
1. Naturwissensch., 47/20, 477, 1960
2. Angew. Chem., 73/2, 64, 1961
70. Wallhäuser, K.H., H., Schmidt: Sterilisation, Desinfektion, Konservierung, Chemotherapie
Thieme, Stuttgart, 1967
71. Wanner, H.U., A., Deuber: Methodische Untersuchungen zum Nachweis von Bakterien in der Luft
Arch. Hyg., 153, 316, 1969
72. Wanner, H.U.: Der Keimgehalt in der Luft von Operationssälen in Abhängigkeit vom Belüftungsverfahren
Immunit. Infekt., 2, 118, 1974
73. Wells, W.F.: Airborne contagion and air hygiene: An ecological study of droplet infections
Harvard Univ.Press, Cambridge, Mass., 1955

An dieser Stelle möchte ich Herrn Prof. Dr. W. Döll vom Würzburger Institut für Hygiene und Mikrobiologie für die Überlassung des Themas sowie für seine tatkräftige Unterstützung und Beratung bei dessen Bearbeitung meinen aufrichtigen Dank aussprechen.

Herrn Prof. Dr. J. Kalich, Vorstand des Lehrstuhls für Tierhygiene im Fachbereich Tiermedizin der Universität München, möchte ich für seine Anregungen danken.

6. Lebenslauf

Ich wurde am 13.9.49 als Sohn des Finanzamtmanns Gerhard Rosler und der Damenschneidermeisterin Hella Rosler, geb. Teutsch, in Almazna/Russland geboren, wohin meine Eltern verschleppt waren. Ende 1949 kehrten wir in die Heimat, nach Kronstadt/Siebenbürgen, zurück. Da besuchte ich von 1956-67 die deutschsprachige Grundschule und das Gymnasium. Von 1967-70 studierte ich in Iassy/Rumänien 6 Semester Tiermedizin. 1970 siedelte unsere Familie in die Bundesrepublik Deutschland um. Ich setzte das Studium in München fort und legte da 1973 das Staatsexamen ab. Im selben Jahr heiratete ich. Anschliessend war ich als Assistent und Vertreter in der tierärztlichen Praxis tätig. Von 1974-76 arbeitete ich am Würzburger Institut für Hygiene und Mikrobiologie im Sonderforschungsbereich "Biologie der Mundhöhle" der DFG. Zur Zeit bin ich im Serumwerk Memsen der Wirtschaftsgenossenschaft deutscher Tierärzte beschäftigt.

Dissertationsdruck
GmbH & Co. KG

86 Bamberg · Hohe-Kreuz-Str. 9b · Tel. 0951/ 5 44 14

M. SCHADEL